

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

## PRODEJNA NÁBYTKU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

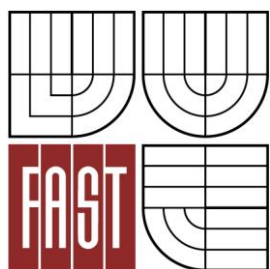
AUTHOR

Pavla Richtrová

BRNO 2012



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**PRODEJNA NÁBYTKU**  
FURNITURE SHOP

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

Pavla Richtrová

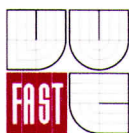
**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2012

**Poděkování:**

Nejvíce bych chtěla poděkovat vedoucímu práce Ing. Janu Barnatovi, PhD. Za jeho cenné rady a připomínky, čas strávený konzultacemi a také za trpělivost. Dále bych pak ráda poděkovala rodině, která mě po celou dobu podporovala a to jak materiálně tak i morálně. V neposlední řadě patří velké dík i nejbližším přátelům, za velkou morální podporu a trpělivost.



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Studijní program</b>        | B3607 Stavební inženýrství                            |
| <b>Typ studijního programu</b> | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| <b>Studijní obor</b>           | 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby                 |
| <b>Pracoviště</b>              | Ústav kovových a dřevěných konstrukcí                 |

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Pavla Richtrová


**Název** Prodejna nábytku

**Vedoucí bakalářské práce** Ing. Jan Barnat, Ph.D.

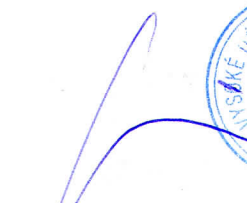
**Datum zadání  
bakalářské práce** 30. 11. 2011

**Datum odevzdání  
bakalářské práce** 25. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

  
.....  
doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Vedoucí ústavu



  
.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT



### **Podklady a literatura**

- [1] ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí - Obecná pravidla
- [2] ČSN EN 1993-1-1 až 8 Navrhování ocelových konstrukcí
- [3] Koželouh B.: Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5 - Step 1 Navrhování a konstrukční materiály, Bohumil Koželouh 1998
- [4] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [5] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Zatížení sněhem
- [6] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Zatížení větrem

### **Zásady pro vypracování**

Vypracujte návrh a posouzení hlavních nosných částí konstrukce prodejny nábytku. Minimální půdorysné rozměry budovy jsou 25 x 25 m. Minimální světlá výška v objektu je 4 m. Proveďte návrh nosné konstrukce v souladu s technickými a architektonickými požadavky souvisejícími s účelem stavby. Klimatické zatížení uvažujte pro oblast obce Brno. Pro návrh konstrukce použijte primárně prvky z rostlého nebo lepeného lamelového dřeva. Návrh zpracujte předběžně ve dvou konstrukčních variantách, proveďte zhodnocení variant a vybranou variantu zpracujte v detailním řešení.

### **Předepsané přílohy**

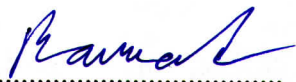
Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

Statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce.

Dispozice konstrukce.

Výrobní výkres vybraných prvků konstrukce v rozsahu specifikovaném vedoucím bakalářské práce.

Technická zpráva.



Ing. Jan Barnat, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

### **Bibliografická citace VŠKP**

RICHTROVÁ, Pavla. *Prodejna nábytku*. Brno, 2012. 112 s., 9 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Barnat, Ph.D..

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně, a že jsem uvedl(a) všechny použité, informační zdroje.

V Brně dne 23.5.2012

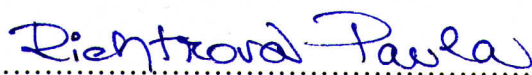
Richterová Paula  
podpis autora

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 23.5.2012



.....  
podpis autora  
Pavla Richtrová





VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA STAVEBNÍ

## POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

**Vedoucí práce** Ing. Jan Barnat, Ph.D.

**Autor práce** Pavla Richtrová

**Škola** Vysoké učení technické v Brně

**Fakulta** Stavební

**Ústav** Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

**Studijní obor** 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby

**Studijní program** B3607 Stavební inženýrství

**Název práce** Prodejna nábytku

**Název práce v anglickém jazyce** Furniture shop

**Typ práce** Bakalářská práce

**Přidělovaný titul** Bc.

**Jazyk práce** Čeština

**Datový formát elektronické verze**

**Anotace práce** Cílem bakalářské práce byl návrh a posouzení hlavních prvků nosné konstrukce prodejny nábytku. Lepené lamelové dřevo třídy GL24h bylo navrženo jako hlavní materiál nosných prvků. Konstrukce je symetrická se čtvercovým půdorysem 30x30 m. Střešní konstrukce má tvar jehlanu se sklonem 15°. Vrchol konstrukce tvoří nárožní krokve osazené na rohových sloupech. Hlavním ztužujícím prvkem jsou sloupy a příčle, které tvoří tuhý rámový roh a zajišťují tím stabilitu. Střešní plášť se pro výpočet uvažuje z tabulí izolačního skla pro horní polovinu a z plechových tašek pro spodní polovinu konstrukce. Obvodový plášť je navržen ze sendvičových stěn. Podrobné skladby střešního a obvodového pláště nebyly v rámci práce řešeny.

Bakalářská práce sestává ze statického výpočtu, ve kterém jsou posouzeny jednotlivé průřezy a jejich styčníky včetně kotvení, technické zprávy a výkresů.

|   |   |
|---|---|
| <b>Anotace práce v anglickém jazyce</b> | <p>The aim of this bachelor thesis was to design and assessment of the key elements of the supporting structure of the furniture store. Glued laminated timber of GL24h class was designed as the main material of the supporting elements. The construction is symmetry square layout 30x30 m. The roof structure has the shape of a pyramid with a slope of 15°. The top of construction consist of the corner rafters installed on the corner columns. The main reinforcing elements are columns and rungs, which form stiff knee and ensure the stability. Roof cladding is considered of the panels of insulating glass for the upper half and metal tiles for the bottom half of construction for the calculation. External cladding is designed of sandwich walls. Detailed composition roof and external cladding were not resolved within the work.</p> <p>Bachelor thesis consists of a static calculation in which the individual cross sections and their joints including anchoring are assessed, technical report and drawings.</p> |
| <b>Klíčová slova</b>                    | lepené lamelové dřevo, rámová konstrukce, svorníky, čepové spoje, styčníky  |
| <b>Klíčová slova v anglickém jazyce</b> | glued laminated timber, frame construction, bolts, pivot joints, joints   |

## **Podklady a literatura**

- [1] ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí - Obecná pravidla
- [2] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla
- [3] ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčníků
- [4] ČSN 73 1702 Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla
- [5] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [6] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Zatížení sněhem
- [7] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Obecná zatížení- Zatížení větrem
- [8] Koželouh B.: Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5 - Step 1 Navrhování a konstrukční materiály, Bohumil Koželouh 1998
- [9] Koželouh B.: Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5 - Step 2 Navrhování detailů a nosných systému, Bohumil Koželouh 2004
- [10] Straka B.: Navrhování dřevěných konstrukcí, Bohumil Straka 1996
- [11] [www.soudal.cz](http://www.soudal.cz)

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

# NÁVRH VARIANT

Pavla Richtrová  
25.5.2012

## **ÚVOD:**

Cílem práce je návrh a posouzení hlavních nosných částí dřevěné konstrukce prodejny nábytku. Předběžně byly navrženy dvě varianty řešení, ze kterých byla jedna varianta zpracována podrobněji.

Jedná se o konstrukci čtvercového půdorysu o rozměrech 30x30m. Světla výška se pohybuje v rozmezí 5m až 9,02m. Střešní konstrukce je navržena jako stanová (jehlanová), ve tvaru pravidelného čtyřbokého jehlanu. Vnitřní prostor prodejny je rozdělen na dvě hlavní části. První, vnější, je průchozí po celém obvodu v šířce 10m. Druhá, vnitřní, je oddělena stěnami a jako střešní plášť je zde použito konstrukční sklo. Konkrétní popis konstrukce je uveden jednotlivých variant. Všechny svislé vnitřní stěny jsou opatřeny podhledy ze sádrokartonových desek.

## **ZATÁŽENÍ NA KONSTRUKCE**

- konstrukce má celkem 8 zatěžovacích stavů (schéma zatížené je uvedeno v Příloze A)
- 1.ZS, 2.ZS – zatížení stálá
- 3.ZS, 4.ZS, 5.ZS, 6.ZS, 7.ZS, 8.ZS – zatížení proměnná

### **ZATÍŽENÍ STÁLÁ**

1.ZS – vlastní tíha konstrukce

- generováno programem Scia Engeneering

2.ZS – ostatní stálé zatížení, viz schéma

|  | $g_k$ [kNm <sup>-2</sup> ] | $\gamma$                               | $g_d$ [kNm <sup>-2</sup> ] |
|--|----------------------------|--|----------------------------|
| Plechové tašky                         | 0,050                      | 1,35                                   | 0,068                      |
| Izolace                                | 0,001                      | 1,35                                   | 0,001                      |
| Probrána                               | 0,115                      | 1,35                                   | 0,002                      |
| Hydroizolace                           | 1,500                      | 1,35                                   | 0,020                      |
| Podhledy dřevěné                       | 10,500                     | 1,35                                   | 0,142                      |
| $\Sigma g_k = 0,172$ kNm <sup>-2</sup> |                            | $\Sigma g_d = 0,232$ kNm <sup>-2</sup> |                            |
| Skleněné tabule                        | 0,530                      | 1,35                                   | 0,716                      |
| Upevňovací profily                     | 0,200                      | 1,35                                   | 0,143                      |
| $\Sigma g_k = 0,636$ kNm <sup>-2</sup> |                            | $\Sigma g_d = 0,859$ kNm <sup>-2</sup> |                            |
| Sendvičové stěny                       | 0,240                      | 1,35                                   | 0,324                      |

Tl. 160 mm

Spojovací profily 20%      0,048      1,35      0,065

Pohledy SDK      0,090      1,35      0,122

---

$\Sigma g_k = 0,172 \text{ kNm}^{-2}$        $\Sigma g_d = 0,232 \text{ kNm}^{-2}$

### 3.ZS – sníh 1

- sníh plný, rovnoměrně rozložený po celé střešní konstrukci, viz schéma

-  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kNm}^{-2}$

-  $s$       zatížení sněhem/charakteristická hodnota

-  $\mu_i$       tvarový součinitel střechy, pro  $\alpha = 15^\circ$ ,  $\mu_i = 0,8$

-  $C_e$       součinitel okolního prostředí dle topografie, normální topografie,  $C_e = 1,0$

-  $C_t$       teplotní součinitel,  $C_t = 1,0$

-  $s_k$       char. hodnota zatížení dle sněhové oblasti, sněhová oblast I,  $s_k = 0,7 \text{ kPa}$

### 4.ZS – sníh 2

- nerovnoměrné zatížení sněhem, viz schéma

-  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kNm}^{-2}$

-  $0,5s = 0,5 \cdot s = 0,5 \cdot 0,56 = 0,28 \text{ kNm}^{-2}$

### 5.ZS – sníh 3

- nerovnoměrné zatížení sněhem, viz schéma

-  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kNm}^{-2}$

-  $0,5s = 0,5 \cdot s = 0,5 \cdot 0,56 = 0,28 \text{ kNm}^{-2}$

### 6.ZS – sníh 4

- nerovnoměrné zatížení sněhem, viz schéma

-  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kNm}^{-2}$

-  $0,5s = 0,5 \cdot s = 0,5 \cdot 0,56 = 0,28 \text{ kNm}^{-2}$

### 7.ZS – vítr 1

- oblasti F, G, H vyvozují vnější tlak na konstrukci, viz schéma

$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$  – viz tabulka

$w_e$       tlak větru na konstrukci

$q_p(z)$       tlak větru ve výšce  $z$

$c_{pe}$       součinitel aerodynamického vnějšího tlaku

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b = 1,7 \cdot 0,19 = 0,32 \text{ kNm}^{-2}$$

$c_e(z)$  součinitel expozice,  $c_e(z) = 1,7$  (z grafu)

$q_b$  základní dynamický tlak větru

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 0,55^2 = 0,19 \text{ kNm}^{-2}$$

$\rho$  měrná hmotnost vzduchu,  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$v_b$  základní rychlost větru

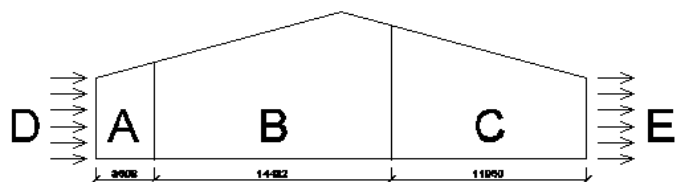
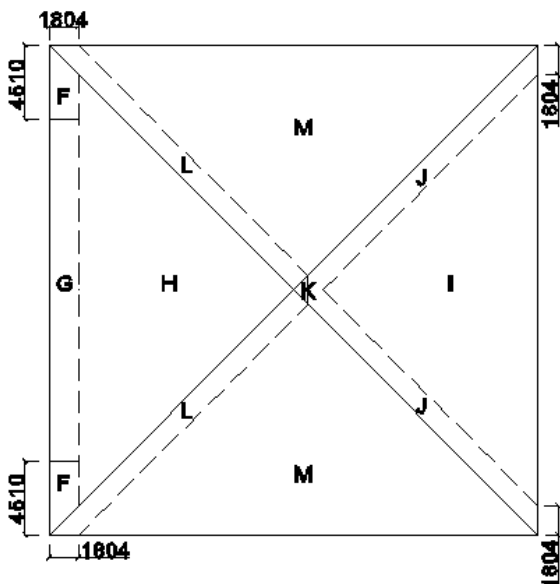
$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,55 = 0,55 \text{ kNm}^{-2}$$

$C_{dir}$  součinitel směru větru,  $C_{dir} = 1,0$

$C_{season}$  součinitel ročního období,  $C_{season} = 1,0$

$v_{b,0}$  výchozí základní rychlost větru, větrová oblas IV,  $v_{b,0} = 0,55 \text{ kNm}^{-2}$

| oblast | $c_{pe,10}$  | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] | oblast | $c_{pe,10}$ | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] | oblast | $c_{pe,10}$ | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] |
|--------|--------------|-------------------------------|--------|-------------|-------------------------------|--------|-------------|-------------------------------|
| F      | -0,900       | -0,289                        | I      | -0,500      | -0,161                        | D      | 0,707       | 0,227                         |
|        | <b>0,200</b> | <b>0,064</b>                  | J      | -1,000      | -0,321                        | E      | -0,313      | -0,101                        |
| G      | -0,800       | -0,257                        | K      | -1,200      | -0,386                        | A      | -1,200      | -0,386                        |
|        | <b>0,200</b> | <b>0,064</b>                  | L      | -1,400      | -0,450                        | B      | -0,840      | -0,270                        |
| H      | -0,300       | -0,096                        | M      | -0,600      | -0,193                        | C      | -0,500      | -0,161                        |
|        | <b>0,200</b> | <b>0,064</b>                  | N      | -0,300      | -0,096                        |        |             |                               |



## 8.ZS – vítr

- oblasti F, G, H, I, J, K, L, M vyvozují sání, viz schéma

$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$  – viz tabulka

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b = 1,7 \cdot 0,19 = 0,32 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 0,55^2 = 0,19 \text{ kNm}^{-2}$$

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,55 = 0,55 \text{ kNm}^{-2}$$

$$v_{b,0} = 0,55 \text{ kNm}^{-2}$$

| oblast | $c_{pe,10}$   | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] | oblast | $c_{pe,10}$ | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] | oblast | $c_{pe,10}$ | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] |
|--------|---------------|-------------------------------|--------|-------------|-------------------------------|--------|-------------|-------------------------------|
| F      | <b>-0,900</b> | <b>-0,289</b>                 | I      | -0,500      | -0,161                        | D      | 0,707       | 0,227                         |
|        | 0,200         | 0,064                         | J      | -1,000      | -0,321                        | E      | -0,313      | -0,101                        |
| G      | <b>-0,800</b> | <b>-0,257</b>                 | K      | -1,200      | -0,386                        | A      | -1,200      | -0,386                        |
|        | 0,200         | 0,064                         | L      | -1,400      | -0,450                        | B      | -0,840      | -0,270                        |
| H      | <b>-0,300</b> | <b>-0,096</b>                 | M      | -0,600      | -0,193                        | C      | -0,500      | -0,161                        |
|        | 0,200         | 0,064                         | N      | -0,300      | -0,096                        |        |             |                               |



### **VARIANTA 1:**

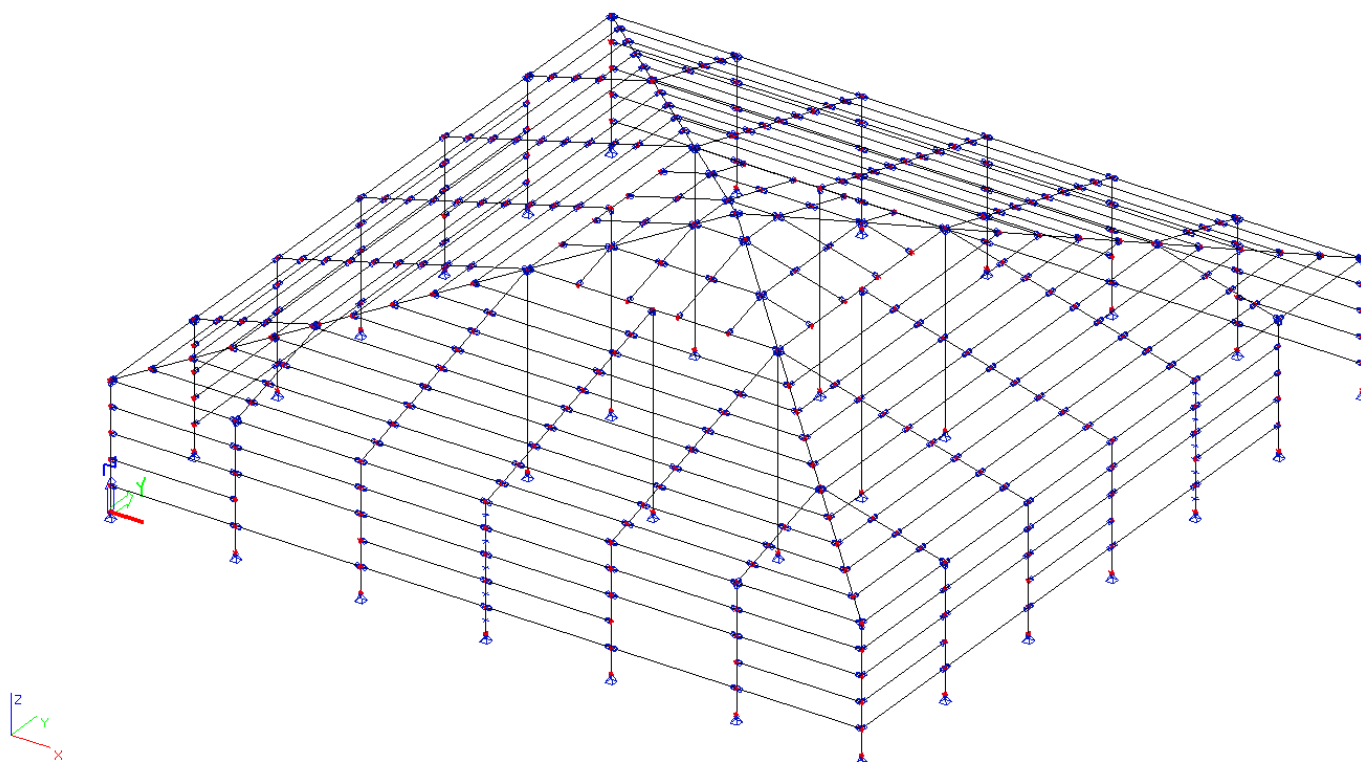
Konstrukce je čtvercového půdorysu 30x30m, její vnitřní prostor je rozdělen na dvě stěnami oddělené části – středová, půdorysně ve tvaru čtverce o rozměrech 10x10m, symetricky pod vrcholem konstrukce, a obvodová. Střešní plášť středové konstrukce je z konstrukčního skla, na zbylou část byly použity plechové střešní tašky.

Střešní konstrukce je tvořena čtyřmi nárožními krokvi, vzájemně spojenými ve vrchol. Od vrcholu je konstrukce postupně tvořena systémem vaznic a krokví pro středovou část. Pro prostor obvodový je střešní konstrukce doplněna příčlemi.

Nárožní krokve jsou uloženy na rohové sloupy. Stěnová konstrukce je složena ze sloupů, vzájemně spojenými paždíky po celém obvodu. Sloupy jsou rozmístěny pravidelně po vzdálenosti 5m. Vnitřní stěny jsou tvořeny stejným systémem sloupů, na kterých jsou uloženy vaznice, oddělující odlišné střešní pláště. Vnější sloupy jsou kotveny kloubově do základového pásu, vnitřní sloupy jsou kloubově připojeny na patky.

Hlavní ztužení celé konstrukce zajišťují rámy, tvořené příčlemi a sloupy.

V prvním kroku byly navrženy odhady rozměrů jednotlivých prvků. Poté byla konstrukce namodelována a zatížena jednotlivými zatěžovacími stavy v programu Sica Engineering. Následně byla vygenerována předběžná zatížení jednotlivých prvků a relativní deformace jednotlivých prvků, na jejichž základě byly stanoveny předběžné rozměry všech prvků.



## **VARINATA 2:**

Konstrukce je čtvercového půdorysu 30x30m, její vnitřní prostor je rozdělen na dvě stěnami oddělené části – středová, půdorysně ve tvaru čtverce o rozměrech 10x10m, symetricky pod vrcholem konstrukce, a obvodová. Střešní plášť středové konstrukce je z konstrukčního skla, na zbylou část byly použity plechové střešní tašky.

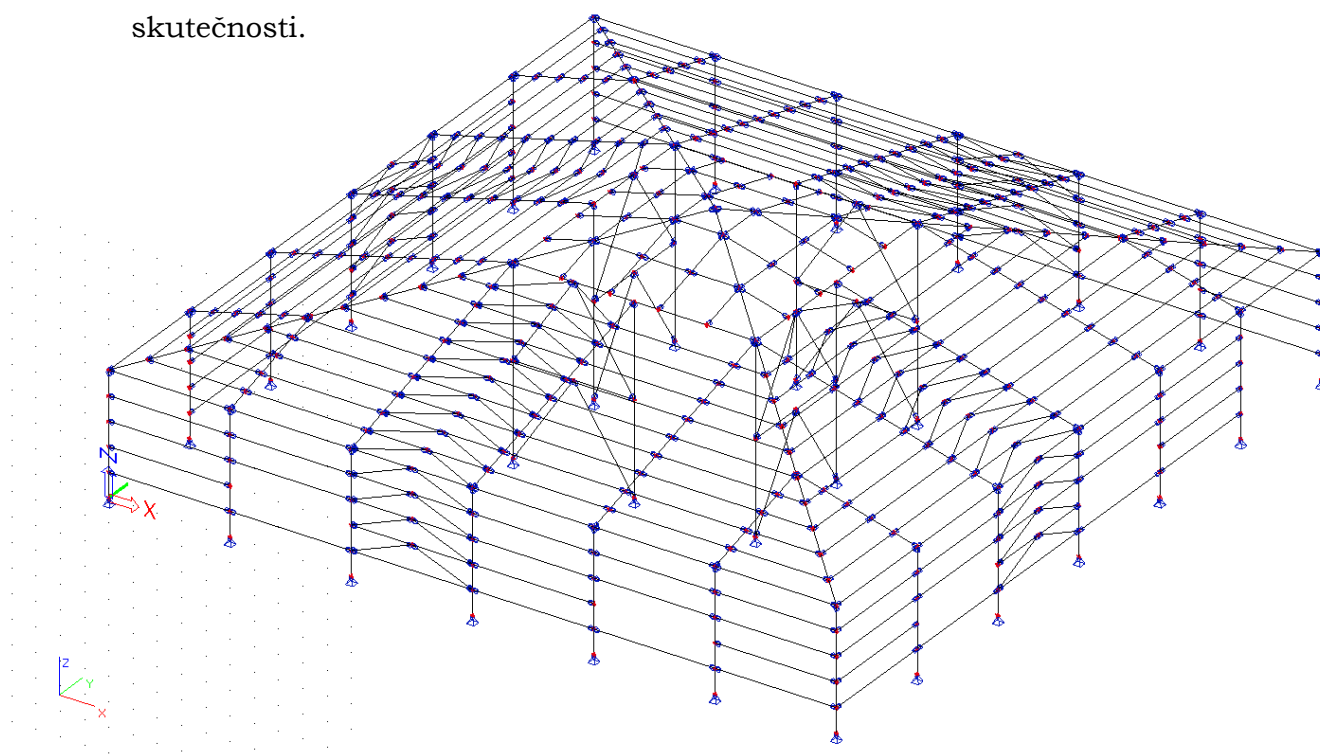
Střešní konstrukce je tvořena čtyřmi nárožními krokvi, vzájemně spojenými ve vrchol. Od vrcholu je konstrukce postupně tvořena systémem vaznic a krokví pro středovou část. Pro prostor obvodový je střešní konstrukce doplněna příčlemi.

Nárožní krokve jsou uloženy na rohové sloupy. Stěnová konstrukce je složena ze sloupů, vzájemně spojenými paždíky po celém obvodu. Sloupy jsou rozmístěny pravidelně po vzdálenosti 5m. Vnitřní stěny jsou tvořeny stejným systémem sloupů, na kterých jsou uloženy vaznice, oddělující odlišné střešní pláště. Vnější sloupy jsou kotveny kloubově do základového pásu, vnitřní sloupy jsou kloubově připojeny na patky.

Hlavní ztužení konstrukce zajišťují ztužidla, umístěná na každé straně v jedné řadě mezi dvěma sloupy a mezi příčlemi, pokračující mezi navazujícími dvěma vnitřními sloupy.

V prvním kroku byly navrženy odhady rozměrů jednotlivých prvků. Poté byla konstrukce zatížena jednotlivými zatěžovacími stavy a za pomoci programu Sica Engineering byly vygenerovány předběžná zatížení jednotlivých prvků.

Na základě těchto předběžných výsledků se pak stanovili průřezy více odpovídající skutečnosti.



### **ZHODNOCENÍ VARIANT:**

Hlavní rozdíl mezi oběma variantami je systém ztužení. Varianta 1 je ztužena rámovými konstrukcemi, varianta 2 je ztužena systémem větrových ztužidel. U rámových konstrukcí je obtížnější výstavba styčníků rámových rohů, než u styčníků se ztužidly.

Rozdíl mezi variantami z hlediska spotřeby materiálu je přibližně  $7\text{m}^3$ . Obě varianty jsou provedeny z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h s objemovou hmotností  $380\text{kg}/\text{m}^3$ . Hmotnostní rozdíl je přibližně  $2000\text{kg}$ . Varianta 2 má menší spotřebu materiálu, je tedy variantou ekonomičtější.

Z architektonického hlediska jsou rámové konstrukce pohlednější než ztužidla. Rozdíl mezi spotřebou materiálu a hmotností není příliš výrazný, proto pro další zpracování byla vybrána varianta 1.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

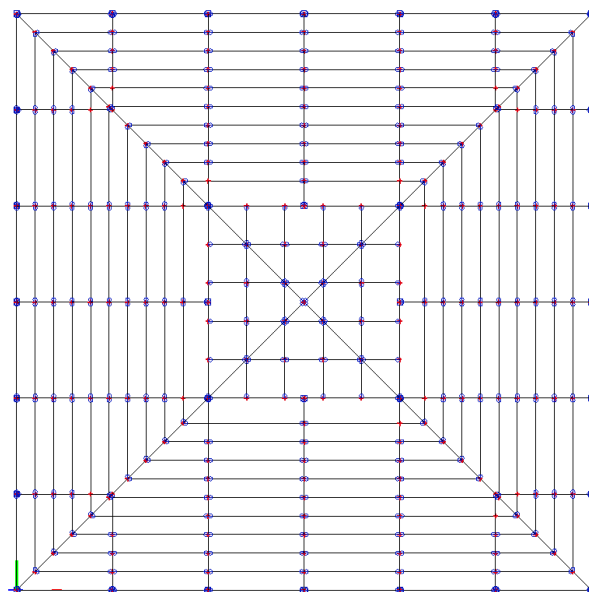
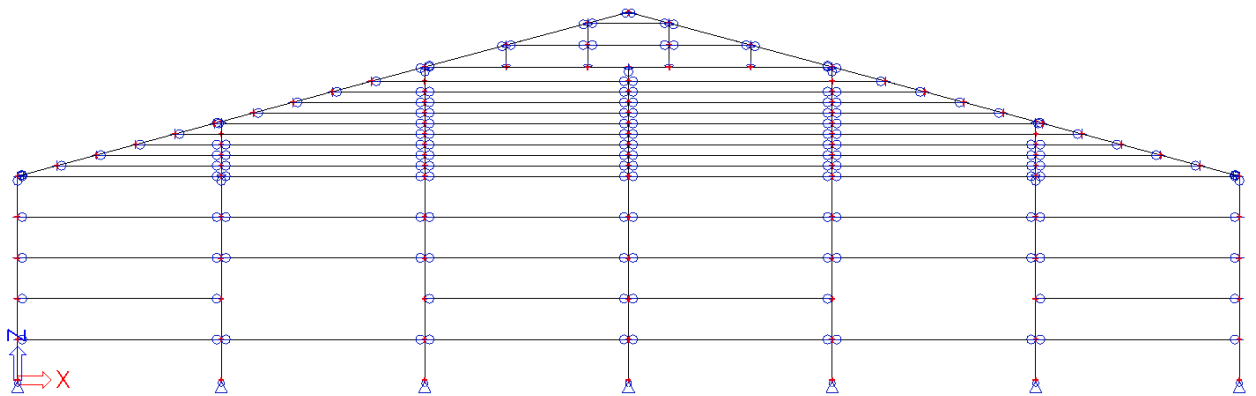
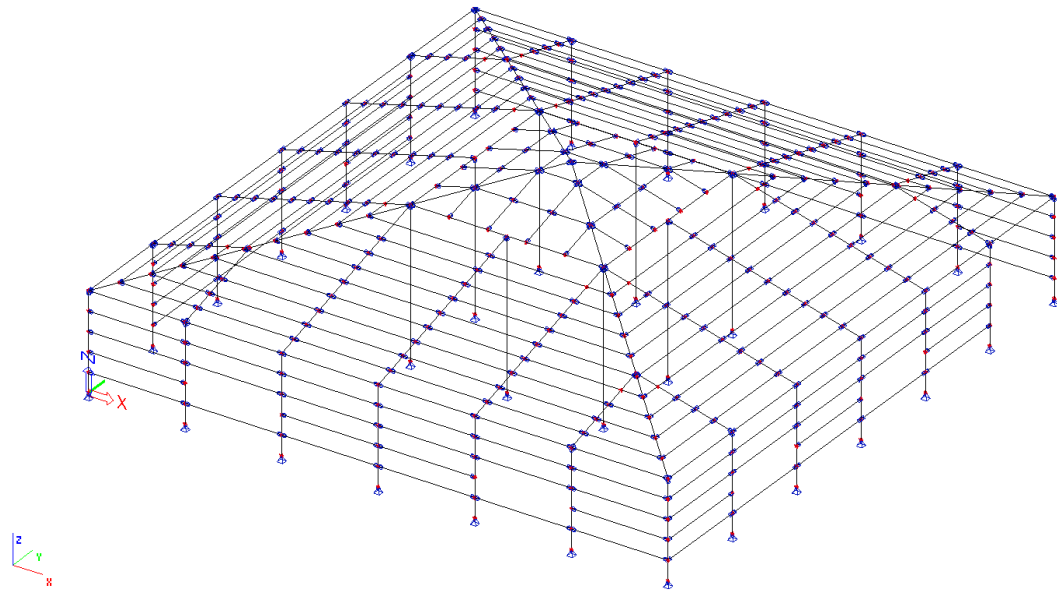
# STATICKÝ VÝPOČET

Pavla Richtrová  
13.5.2012

## OBSAH:

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. GEOMETRIE.....</b>                        | <b>3</b>  |
| <b>2. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE.....</b>              | <b>4</b>  |
| <b>3. KOMBINACE ZATÍŽENÍ.....</b>               | <b>6</b>  |
| 3.1 Kombinace pro mezní stav únosnosti.....     | 6         |
| 3.2 Kombinace pro mezní stav použitelnosti..... | 7         |
| <b>4. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY.....</b>      | <b>8</b>  |
| <b>5. DIMENZOVÁNÍ PRŮŘEZŮ.....</b>              | <b>9</b>  |
| 5.1 Krokve.....                                 | 9         |
| 5.2 Krokve 1.....                               | 14        |
| 5.3 Krokve 2.....                               | 19        |
| 5.4 Paždíky.....                                | 24        |
| 5.5 Příčle.....                                 | 30        |
| 5.6 Vaznice.....                                | 35        |
| 5.7 Vaznice 1.....                              | 40        |
| 5.8 Vaznice 2.....                              | 43        |
| 5.9 Sloupy 1.....                               | 47        |
| 5.10 Sloupy 2.....                              | 50        |
| 5.11 Sloupy 3.....                              | 55        |
| 5.12 Sloupy 4.....                              | 60        |
| <b>6. DIMENZOVÁNÍ SPOJŮ.....</b>                | <b>64</b> |
| 6.1 Rámový roh.....                             | 64        |
| 6.2 Vaznice – příčel.....                       | 68        |
| 6.3 Vaznice – krokve 2.....                     | 69        |
| 6.4 Sloup 4 – krokev 2.....                     | 71        |
| 6.5 Krokev 1 – krokev 2 – vaznice.....          | 73        |
| 6.6 Krokev 2 – příčel – vaznice – sloup1.....   | 76        |
| 6.7 Krokev 2 – vrchol.....                      | 79        |
| 6.8 Příčel – vaznice 2 – sloup 1.....           | 80        |
| 6.9 Paždík – sloup 3.....                       | 82        |
| <b>7. KOTVENÍ.....</b>                          | <b>85</b> |
| 7.1 Sloup 1.....                                | 85        |
| 7.2 Sloup 2.....                                | 87        |
| 7.3 Sloup 3.....                                | 89        |
| 7.4 Sloup 4.....                                | 91        |
| 7.5 Návrh patní desky.....                      | 93        |

# 1 GEOMETRIE



## 2 ZATÍŽENÍ

- schéma jednotlivých zatěžovacích stavů je uvedeno v Příloze A

### 2.1 stálá zatížení

1.ZS – vlastní tíha konstrukce

- generováno programem Scia Engineering

2.ZS – ostatní stálé zatížení

|  | $g_k$ [kNm <sup>-2</sup> ] | Y    | $g_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]             |
|--|----------------------------|------|--|
| Plechové tašky                         | 0,050                      | 1,35 | 0,068                                  |
| Izolace                                | 0,001                      | 1,35 | 0,001                                  |
| Probrána                               | 0,115                      | 1,35 | 0,002                                  |
| Hydroizolace                           | 1,500                      | 1,35 | 0,020                                  |
| Podhledy dřevěné                       | 10,500                     | 1,35 | 0,142                                  |
| $\Sigma g_k = 0,172$ kNm <sup>-2</sup> |                            |      | $\Sigma g_d = 0,232$ kNm <sup>-2</sup> |
| Skleněné tabule                        | 0,530                      | 1,35 | 0,716                                  |
| Upevňovací profily                     | 0,200                      | 1,35 | 0,143                                  |
| $\Sigma g_k = 0,636$ kNm <sup>-2</sup> |                            |      | $\Sigma g_d = 0,859$ kNm <sup>-2</sup> |
| Sendvičové stěny                       | 0,240                      | 1,35 | 0,324                                  |
| TI. 160 mm                             |                            |      |  |
| Spojovací profily                      | 0,048                      | 1,35 | 0,065                                  |
| Cca 20%                                |                            |      |  |
| Podhledy SDK                           | 0,090                      | 1,35 | 0,122                                  |
| $\Sigma g_k = 0,172$ kNm <sup>-2</sup> |                            |      | $\Sigma g_d = 0,232$ kNm <sup>-2</sup> |

### 2.2 proměnná zatížení

3.ZS – sníh 1

- sníh plný, rovnoměrně rozložený po celé střešní konstrukci

-  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56$  kNm<sup>-2</sup>

$\mu_i = 0,8$

$C_e = 1,0$

$C_t = 1,0$

$s_k = 0,7$  kPa

4.ZS – sníh 2

- nerovnoměrné zatížení sněhem

-  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56$  kNm<sup>-2</sup>

-  $0,5s = 0,5 \cdot s = 0,5 \cdot 0,56 = 0,28$  kNm<sup>-2</sup>

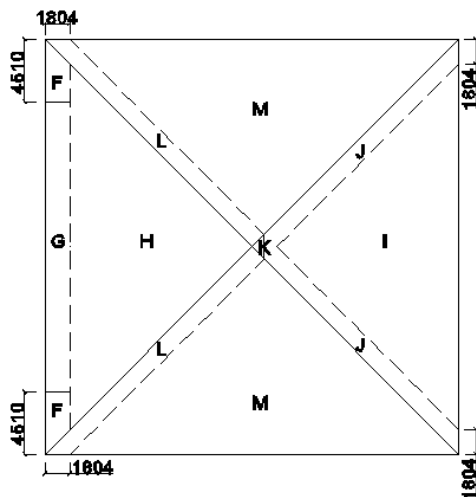
5.ZS – sníh 3

- nerovnoměrné zatížení sněhem

-  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56$  kNm<sup>-2</sup>

-  $0,5s = 0,5 \cdot s = 0,5 \cdot 0,56 = 0,28$  kNm<sup>-2</sup>

6.ZS – sníh 4



- nerovnoměrné zatížení sněhem

$$- s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kNm}^{-2}$$

$$- 0,5s = 0,5 \cdot s = 0,5 \cdot 0,56 = 0,28 \text{ kNm}^{-2}$$

## 7.ZS – vítr 1

- oblasti F, G, H vyvozují vnější tlak na konstrukci

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} - \text{viz tabulka}$$

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b = 1,7 \cdot 0,19 = 0,32 \text{ kNm}^{-2}$$

$$c_e(z) = 1,7 \text{ (z grafu)}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 0,55^2 = 0,19 \text{ kNm}^{-2}$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,55 = 0,55 \text{ kNm}^{-2}$$

$$C_{dir} = 1,0$$

$$C_{season} = 1,0$$

$$v_{b,0} = 0,55 \text{ kNm}^{-2}$$

| oblast | $c_{pe,10}$  | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] | oblast | $c_{pe,10}$ | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] | oblast | $c_{pe,10}$ | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] |
|--------|--------------|-------------------------------|--------|-------------|-------------------------------|--------|-------------|-------------------------------|
| F      | -0,900       | -0,289                        | I      | -0,500      | -0,161                        | D      | 0,707       | 0,227                         |
|        | <b>0,200</b> | <b>0,064</b>                  |        | -1,000      | -0,321                        |        | -0,313      | -0,101                        |
| G      | -0,800       | -0,257                        | K      | -1,200      | -0,386                        | A      | -1,200      | -0,386                        |
|        | <b>0,200</b> | <b>0,064</b>                  |        | -1,400      | -0,450                        |        | -0,840      | -0,270                        |
| H      | -0,300       | -0,096                        | M      | -0,600      | -0,193                        | C      | -0,500      | -0,161                        |
|        | <b>0,200</b> | <b>0,064</b>                  |        | -0,300      | -0,096                        |        |             |                               |
|        |              |                               | N      | -0,300      | -0,096                        |        |             |                               |

## 8.ZS – vítr

- oblasti F, G, H, I, J, K, L, M vyvozují sání

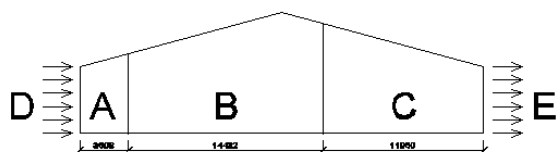
$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} - \text{viz tabulka}$$

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b = 1,7 \cdot 0,19 = 0,32 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 0,55^2 = 0,19 \text{ kNm}^{-2}$$

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,55 = 0,55 \text{ kNm}^{-2}$$

$$v_{b,0} = 0,55 \text{ kNm}^{-2}$$



| oblast | $c_{pe,10}$   | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] | oblast | $c_{pe,10}$ | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] | oblast | $c_{pe,10}$ | $w_e$<br>[kNm <sup>-2</sup> ] |
|--------|---------------|-------------------------------|--------|-------------|-------------------------------|--------|-------------|-------------------------------|
| F      | <b>-0,900</b> | <b>-0,289</b>                 | I      | -0,500      | -0,161                        | D      | 0,707       | 0,227                         |
|        | 0,200         | 0,064                         |        | -1,000      | -0,321                        |        | -0,313      | -0,101                        |
| G      | <b>-0,800</b> | <b>-0,257</b>                 | K      | -1,200      | -0,386                        | A      | -1,200      | -0,386                        |
|        | 0,200         | 0,064                         |        | -1,400      | -0,450                        |        | -0,840      | -0,270                        |
| H      | <b>-0,300</b> | <b>-0,096</b>                 | M      | -0,600      | -0,193                        | C      | -0,500      | -0,161                        |
|        | 0,200         | 0,064                         |        | -0,300      | -0,096                        |        |             |                               |
|        |               |                               | N      | -0,300      | -0,096                        |        |             |                               |



### 3 KOMBINACE

#### 3.1 Kombinace pro MS únosnosti

| Jméno | Popis kombinací  |
|-------|--|
| 1     | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 + SNÍH 1*1.50              |
| 2     | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 + SNÍH 1*0.75 +VÍTR 1*1.50 |
| 3     | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 2*0.75 +VÍTR 1*1.50  |
| 4     | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 + SNÍH 1*1.50 +VÍTR 1*0.90 |
| 5     | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +SNÍH 4*1.50               |
| 6     | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 + SNÍH 1*0.75 +VÍTR 2*1.50 |
| 7     | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*1.50 +SNÍH 4*0.75  |
| 8     | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +SNÍH 2*1.50               |
| 9     | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +SNÍH 2*1.50 +VÍTR 1*0.90  |
| 10    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*1.50 +SNÍH 3*0.75  |
| 11    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +VÍTR 2*1.50 +SNÍH 4*0.75  |
| 12    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +VÍTR 1*1.50               |
| 13    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +VÍTR 2*1.50 +SNÍH 2*0.75  |
| 14    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*1.50               |
| 15    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +SNÍH 3*1.50               |
| 16    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 + SNÍH 1*1.50 +VÍTR 2*0.90 |
| 17    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +SNÍH 3*0.75 +VÍTR 1*1.50  |
| 18    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +SNÍH 2*0.75 +VÍTR 1*1.50  |
| 19    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 1*1.50               |
| 20    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +VÍTR 2*1.50 +SNÍH 3*0.75  |
| 21    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*0.90 +SNÍH 4*1.50  |
| 22    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +VÍTR 2*0.90 +SNÍH 3*1.50  |
| 23    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 4*1.50 +VÍTR 1*0.90  |
| 24    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*1.50 +SNÍH 2*0.75  |
| 25    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +SNÍH 4*1.50 +VÍTR 1*0.90  |
| 26    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +SNÍH 4*0.75 +VÍTR 1*1.50  |
| 27    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 2*1.50               |
| 28    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 3*1.50               |
| 29    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 2*1.50 +VÍTR 1*0.90  |
| 30    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 4*1.50               |
| 31    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 3*0.75 +VÍTR 1*1.50  |
| 32    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*0.90 +SNÍH 2*1.50  |
| 33    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +SNÍH 3*1.50 +VÍTR 1*0.90  |
| 34    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 3*1.50 +VÍTR 1*0.90  |
| 35    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +VÍTR 2*1.50               |
| 36    | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +VÍTR 2*0.90 +SNÍH 4*1.50  |
| 37    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 4*0.75 +VÍTR 1*1.50  |
| 38    | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 + SNÍH 1*0.75 +VÍTR 1*1.50 |

|    |  |
|----|--|
| 39 | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 + SNÍH 1*0.75 +VÍTR 2*1.50 |
| 40 | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 + SNÍH 1*1.50              |
| 41 | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35 +VÍTR 2*0.90 +SNÍH 2*1.50  |
| 42 | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*0.90 +SNÍH 3*1.50  |
| 43 | VL.TÍHA*1.35 +OS. STÁL*1.35                            |
| 44 | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 + SNÍH 1*1.50 +VÍTR 2*0.90 |
| 45 | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00                            |

### 3.2 Kombinace pro MS použitelnosti

| <b>Jméno</b> | <b>Popis kombinací</b>                                 |
|--------------|--|
| 1            | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 1*1.00               |
| 2            | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*1.00               |
| 3            | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 3*1.00               |
| 4            | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*1.00 +SNÍH 2*0.50  |
| 5            | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*1.00 +SNÍH 3*0.50  |
| 6            | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 4*1.00               |
| 7            | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 + SNÍH 1*0.50 +VÍTR 2*1.00 |
| 8            | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*1.00 +SNÍH 4*0.50  |
| 9            | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 + SNÍH 1*0.50 +VÍTR 1*1.00 |
| 10           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 4*0.50 +VÍTR 1*1.00  |
| 11           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 2*0.50 +VÍTR 1*1.00  |
| 12           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 + SNÍH 1*1.00              |
| 13           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00                            |
| 14           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 2*1.00 +VÍTR 1*0.60  |
| 15           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 2*1.00               |
| 16           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 + SNÍH 1*1.00 +VÍTR 1*0.60 |
| 17           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 4*1.00 +VÍTR 1*0.60  |
| 18           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 + SNÍH 1*1.00 +VÍTR 2*0.60 |
| 19           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*0.60 +SNÍH 3*1.00  |
| 20           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*0.60 +SNÍH 2*1.00  |
| 21           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 3*0.50 +VÍTR 1*1.00  |
| 22           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 2*0.60 +SNÍH 4*1.00  |
| 23           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +SNÍH 3*1.00 +VÍTR 1*0.60  |
| 24           | VL.TÍHA*1.00 +OS. STÁL*1.00 +VÍTR 1*0.60               |

## 4 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Materiál: lepené lamelové dřevo GL24h

|                 |               |       |                   |
|-----------------|---------------|-------|-------------------|
| ohyb            | $f_{m,k}$     | 24,0  | MPa               |
| tah rovnoběžně  | $f_{t,0,k}$   | 16,5  | MPa               |
| tah kolmo       | $f_{t,90,k}$  | 0,5   | MPa               |
| tlak rovnoběžně | $f_{c,0,k}$   | 24,0  | MPa               |
| tlak kolmo      | $f_{c,90,k}$  | 2,7   | MPa               |
| smyk a kroucení | $f_{v,k}$     | 3,5   | MPa               |
| modul pružnosti |               |       |                   |
| rovnoběžně      | $E_{0,mean}$  | 11,6  | GPa               |
| kolmo           | $E_{90,mean}$ | 0,39  | GPa               |
| ve smyku        | $G_{mean}$    | 0,72  | GPa               |
| hustota         | $\rho_k$      | 380,0 | kg/m <sup>3</sup> |

$k_{mod} = 0,9$  pro třídu prostředí 1 a působení krátkodobého zatížení v rozhodující kombinaci

## 5 DIMENZOVÁNÍ PRŮŘEZŮ

Celková deformace konstrukce:

- prut B5, L = 5000mm, kombinace 4
- posudek v místě max. posunu celé konstrukce – horní konec sloupu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \sum u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sníh do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sníh}$$

$$u_{inst,G,y} = -0,5mm \quad u_{inst,G,z} = 0,5mm$$

$$u_{inst,s,y} = -2,5mm \quad u_{inst,s,z} = 0,4mm$$

$$u_{inst,w,y} = -18,8mm \quad u_{inst,w,z} = -26,9mm$$

$$u_{fin,y} = (-0,5) \cdot (1 + 0,6) + (-2,5) \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + (-18,8) \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = -20,85mm$$

$$u_{fin,z} = 0,5 \cdot (1 + 0,6) + 0,4 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + (-26,9) \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) \\ = -25,9mm$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{(-20,85)^2 + (-25,9)^2} = 33,25mm$$

$$u_{lim} = \left( \frac{L}{300} \div \frac{L}{150} \right) = \left( \frac{5000}{300} \div \frac{5000}{150} \right) = (16,7 \div 33,3)mm$$

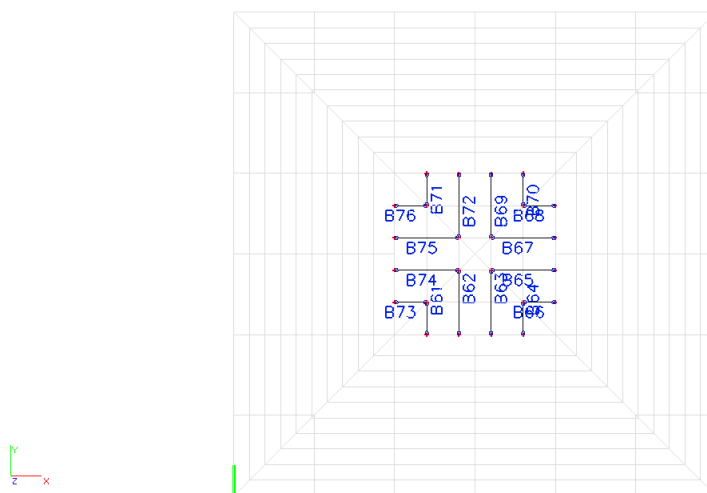
$$u_{fin} = 33,25mm \leq u_{lim} = 33,33mm$$

VYHOVUJE

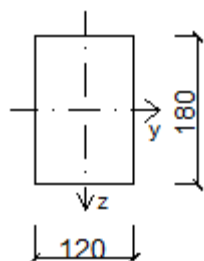
- místo maximálního posunu bude z části zajištěno konstrukcí opláštění a vchodových portálů

## 5.1 KROKVE

Schéma



### 5.1.1 Průřezové charakteristiky



$$b = 120mm$$

$$h = 180mm$$

$$A = 0,0216m^2$$

$$W_y = 6,48 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$W_z = 4,32 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$I_y = 5,832 \cdot 10^{-5} m^4$$

$$I_z = 2,592 \cdot 10^{-5} m^4$$

$$I_{tor} = 8,527 \cdot 10^{-5} m^4$$

### 5.1.2 Vnitřní síly

| Prut | Stav        | dx       | N             | Vy          | Vz           | Mx           | My          | Mz          |
|------|-------------|----------|---------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
|      |             | [mm]     | [kN]          | [kN]        | [kN]         | [kNm]        | [kNm]       | [kNm]       |
| B67  | ÚNOSNOST/16 | 0        | <b>-12,54</b> | 0,02        | 6,35         | 0,11         | 0           | 0           |
| B68  | ÚNOSNOST/22 | 2070,58  | <b>3,13</b>   | 0           | -3,11        | 0,08         | 0           | 0           |
| B69  | ÚNOSNOST/20 | 0        | -1,66         | <b>-0,2</b> | 4,54         | -0,13        | 0           | 0           |
| B69  | ÚNOSNOST/20 | 2070,581 | -1,07         | <b>0,2</b>  | -0,01        | -0,13        | 4,72        | -0,4        |
| B74  | ÚNOSNOST/16 | 4141,16  | -9,62         | 0,03        | <b>-7,78</b> | 0,13         | 0           | 0           |
| B75  | ÚNOSNOST/16 | 0        | -9,34         | 0           | <b>7,78</b>  | -0,12        | 0           | 0           |
| B61  | ÚNOSNOST/3  | 0        | 0,61          | 0           | 1,05         | <b>-0,17</b> | 0           | 0           |
| B67  | ÚNOSNOST/9  | 0        | -10,45        | 0,04        | 7,42         | <b>0,13</b>  | 0           | 0           |
| B76  | ÚNOSNOST/16 | 0        | 1,43          | 0           | 3,88         | -0,05        | <b>0</b>    | 0           |
| B74  | ÚNOSNOST/16 | 2070,581 | -9,49         | 0,03        | -0,01        | 0,13         | <b>8,07</b> | -0,05       |
| B69  | ÚNOSNOST/20 | 2070,58  | -1,07         | -0,2        | 0,01         | -0,13        | 4,72        | <b>-0,4</b> |
| B75  | ÚNOSNOST/20 | 2070,58  | -3,15         | 0,18        | 0,01         | -0,1         | 4,47        | <b>0,37</b> |

### 5.1.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$L_{cr,y} = 2,07 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{5,832 \cdot 10^{-5}}{0,0216}} = 0,052 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,07}{0,052} = 39,837$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{39,837}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 0,706$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,706 - 0,3) + 0,706^2] = 0,770$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,770 + \sqrt{0,770^2 - 0,706^2}} = 0,929$$

$$L_{cr,y} = 4,14m$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{2,592 \cdot 10^{-5}}{0,0216}} = 0,035m$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2,07}{0,035} = 119,512$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{119,512}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 2,119$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (2,119 - 0,3) + 2,119^2] = 2,837$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{2,837 + \sqrt{2,837^2 - 2,119^2}} = 0,212$$

#### 5.1.3.1 Prut B67

N = -12,54kN – posudek na max. tlakovou sílu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{12,54 \cdot 10^3}{0,0216} = 580,556 \cdot 10^3 Pa = 0,581MPa$$

- posouzení:

$$\frac{0,581}{0,929 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,036 \leq 1,0$$

$$\frac{0,581}{0,212 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,159 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.1.3.2 Prut B74

N = -9,49kN      My = 8,07kNm      Mz = 0kNm

- posudek na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{9,49 \cdot 10^3}{0,0216} = 439,351 \cdot 10^3 Pa = 0,439MPa$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{8,07 \cdot 10^3}{6,48 \cdot 10^{-4}} = 12,454 \cdot 10^6 Pa = 12,454MPa$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0}{4,32 \cdot 10^{-4}} = 0 Pa$$

- posouzení:

$$\frac{0,439}{0,929 \cdot 17,28} + \frac{12,454}{17,28} + 0 = 0,748 \leq 1,0$$

$$\frac{0,439}{0,212 \cdot 17,28} + 0,7 \cdot \frac{12,454}{17,28} + 0 = 0,625 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,d} = 12,454 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = 0,439 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{176,741}} = 0,369$$

$$k_{crit} = 1,0 \quad \text{pro } 0,75 \geq \lambda_{rel,m}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y} = \frac{\pi \sqrt{7730 \cdot 2,592 \cdot 10^{-5} \cdot 480 \cdot 8,527 \cdot 10^{-5}}}{3,726 \cdot 6,48 \cdot 10^{-4}}$$

$$= 176,741 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11,6 = 7,73 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$G_{0,05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 0,72 = 0,48 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$I_z = 2,592 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_{tor} = 8,527 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l = 0,9 \cdot 4,14 = 3,726 \text{ m}$$

$$W_y = 6,48 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1(0,369 - 0,3) + 0,369^2] = 0,571$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,571 + \sqrt{0,571^2 - 0,369^2}} = 0,992$$

$$\left( \frac{12,454}{1,0 \cdot 17,28} \right)^2 + \frac{0,439}{0,992 \cdot 17,28} = 0,545 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.1.3.3 Prut B75

$V_z = 7,78 \text{ kN}$  – posudek na max. posouvající sílu (smyk)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{7,78 \cdot 10^3}{0,0216} = 540,278 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,540 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 MPa$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,540}{2,52} = 0,214 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.1.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B74, L = 4141mm, kombinace 16
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \Sigma u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sních do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sních}$$

$$u_{inst,G,y} = 0mm \quad u_{inst,G,z} = -7,9mm$$

$$u_{inst,s,y} = 0,1mm \quad u_{inst,s,z} = -6,5mm$$

$$u_{inst,w,y} = 0mm \quad u_{inst,w,z} = -0,5mm$$

$$u_{fin,y} = 0 \cdot (1 + 0,6) + 0,1 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) + 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) = 0,1mm$$

$$u_{fin,z} = (-7,9) \cdot (1 + 0,6) + (-6,5) \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) + (-0,5) \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) = -19,44mm$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{0,1^2 + (-19,44)^2} = 19,44mm$$

$$u_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{4141}{200} = 20,71mm$$

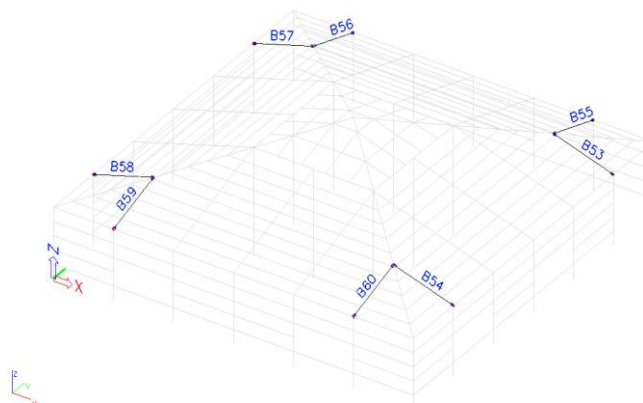
$$u_{fin} = 19,49mm \leq u_{lim} = 20,71mm$$

VYHOVUJE



## 5.2 KROKVE 1

### Schéma



#### 5.2.1 Průřezové charakteristiky

$$b = 240\text{mm}$$

$$h = 500\text{mm}$$

$$A = 0,12\text{m}^2$$

$$W_y = 0,01\text{m}^3$$

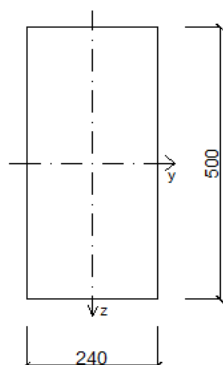
$$W_z = 4,8 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$$

$$I_y = 2,5 \cdot 10^{-3}\text{m}^4$$

$$I_z = 5,76 \cdot 10^{-4}\text{m}^4$$

$$I_{tor} = 2,021 \cdot 10^{-3}\text{m}^4$$

#### 5.2.2 Vnitřní síly



| Prut | Stav        | dx       | N            | Vy          | Vz            | Mx       | My    | Mz    |
|------|-------------|----------|--------------|-------------|---------------|----------|-------|-------|
|      |             | [mm]     | [kN]         | [kN]        | [kN]          | [kNm]    | [kNm] | [kNm] |
| B58  | ÚNOSNOST/1  | 5176,45  | <b>-7,24</b> | -0,34       | -8,65         | 0        | 0     | 0     |
| B59  | ÚNOSNOST/8  | 0        | <b>8,15</b>  | 0,06        | 3,68          | 0        | 0     | 0     |
| B57  | ÚNOSNOST/22 | 0        | -1,19        | <b>-0,9</b> | 7,29          | 0        | 0     | 0     |
| B60  | ÚNOSNOST/14 | 0        | 1,86         | <b>0,84</b> | 7,03          | 0        | 0     | 0     |
| B57  | ÚNOSNOST/22 | 5176,45  | -6,03        | 0,55        | <b>-11,48</b> | 0        | 0     | 0     |
| B58  | ÚNOSNOST/22 | 0        | -1,17        | 0,12        | <b>7,33</b>   | 0        | 0     | 0     |
| B57  | ÚNOSNOST/18 | 0        | 1,87         | -0,84       | 7,03          | <b>0</b> | 0     | 0     |
| B53  | ÚNOSNOST/9  | 0        | 1,87         | 0,83        | 7,02          | <b>0</b> | 0     | 0     |
| B55  | ÚNOSNOST/37 | 0        | 4,59         | 0,13        | 2,17          | <b>0</b> | 0     | 0     |
| B57  | ÚNOSNOST/22 | 3176,431 | -4,21        | 0,61        | -4,43         | <b>0</b> | 15,78 | -1,17 |
| B57  | ÚNOSNOST/22 | 2176,43  | -1,55        | -0,9        | 5,92          | <b>0</b> | 14,38 | -1,95 |
| B60  | ÚNOSNOST/14 | 2176,45  | 1,5          | 0,84        | 5,66          | <b>0</b> | 13,81 | 1,83  |

### 5.2.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$L_{cr,y} = 1,035 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,12}} = 0,144 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{1,035}{0,144} = 7,171$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{7,171}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 0,127$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,127 - 0,3) + 0,127^2] = 0,499$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,499 + \sqrt{0,499^2 - 0,127^2}} = 1,018$$

$$k_{c,y} = 1,00$$

$$L_{cr,y} = 5,176 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{5,76 \cdot 10^{-4}}{0,12}} = 0,069 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5,176}{0,069} = 74,709$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{74,709}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 1,325$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,325 - 0,3) + 1,325^2] = 1,429$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,429 + \sqrt{1,429^2 - 1,325^2}} = 0,509$$

### 5.2.3.1 Prut B58

$N = -7,24\text{kN}$  – posudek na max. tlakovou sílu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{7,24 \cdot 10^3}{0,12} = 60,333 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,060\text{MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{0,060}{1,0 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,003 \leq 1,0$$

$$\frac{0,060}{0,509 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,007 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

### 5.2.3.2 Prut B74

$N = -4,21\text{kN}$        $M_y = 15,78\text{kNm}$        $M_z = -1,17\text{kNm}$

- posudek na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{4,21 \cdot 10^3}{0,12} = 35,083 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,035\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{15,78 \cdot 10^3}{0,01} = 1,578 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 1,578\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{1,17 \cdot 10^3}{4,8 \cdot 10^{-3}} = 0,244 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 0,244\text{MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{0,035}{1,0 \cdot 17,28} + \frac{1,578}{17,28} + 0,7 \cdot \frac{0,244}{17,28} = 0,103 \leq 1,0$$

$$\frac{0,035}{0,509 \cdot 17,28} + 0,7 \cdot \frac{1,578}{17,28} + \frac{0,244}{17,28} = 0,082 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,d} = 1,578\text{MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = 0,035\text{MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28\text{MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 17,28\text{MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{140,178}} = 0,141$$

$$k_{crit} = 1,0 \quad \text{pro } 0,75 \geq \lambda_{rel,m}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y}$$

$$= \frac{\pi \sqrt{7730 \cdot 5,76 \cdot 10^{-4} \cdot 480 \cdot 2,021 \cdot 10^{-3}}}{4,658 \cdot 0,01} = 140,178 MPa$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11,6 = 7,73 \cdot 10^3 MPa$$

$$G_{0,05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 0,72 = 0,48 \cdot 10^3 MPa$$

$$I_z = 5,76 \cdot 10^{-4} m^4$$

$$I_{tor} = 2,021 \cdot 10^{-3} m^4$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l = 0,9 \cdot 5,176 = 4,658 m$$

$$W_y = 0,01 m^3$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1(0,414 - 0,3) + 0,414^2] = 0,591$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,591 + \sqrt{0,591^2 - 0,414^2}} = 0,986$$

$$\left( \frac{1,578}{1,0 \cdot 17,28} \right)^2 + \frac{0,035}{0,986 \cdot 17,28} = 0,010 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.2.3.3 Prut B59

N = 8,15kN- posudek na max. tahovou sílu

- Tah rovnoběžně s vlákny

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{8,15 \cdot 10^3}{0,12} = 67,917 \cdot 10^3 Pa = 0,068 MPa$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 11,88 MPa$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{0,068}{11,88} = 0,006 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.2.3.4 Prut B57

V<sub>z</sub> = -11,48kN – posudek na max. posouvající sílu (smyk)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{11,48 \cdot 10^3}{0,12} = 143,50 \cdot 10^3 Pa = 0,143 MPa$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 MPa$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,143}{2,52} = 0,057 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.1.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B55, L = 5176mm, kombinace 6
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \sum u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 1,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sněh do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sněh}$$

$$u_{inst,G,y} = 0mm \quad u_{inst,G,z} = -6,4mm$$

$$u_{inst,s,y} = 0mm \quad u_{inst,s,z} = -11,4mm$$

$$u_{fin,y} = 0 \cdot (1 + 1,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 1,6) = 0,0mm$$

$$u_{fin,z} = (-6,4) \cdot (1 + 1,6) + (-11,4) \cdot (1 + 0 \cdot 1,6) = -21,64mm$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{0^2 + (-21,64)^2} = 21,64mm$$

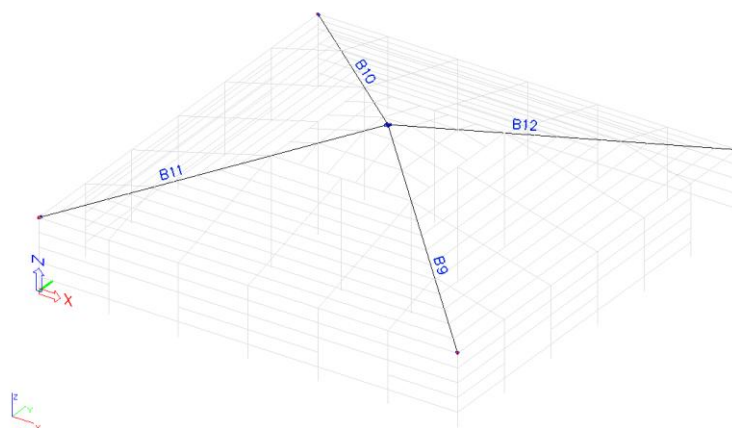
$$u_{lim} = \frac{L}{200} = \frac{5176}{200} = 25,88mm$$

$$u_{fin} = 21,64mm \leq u_{lim} = 25,88mm$$

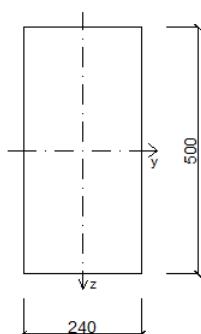
VYHOVUJE

## 5.3 KROKVE 2

Schéma:



### 5.3.1 Průřezové charakteristiky



$$b = 240\text{mm}$$

$$h = 500\text{mm}$$

$$A = 0,12\text{m}^2$$

$$W_y = 0,01\text{m}^3$$

$$W_z = 4,8 \cdot 10^{-3}\text{m}^3$$

$$I_y = 2,5 \cdot 10^{-3}\text{m}^4$$

$$I_z = 5,76 \cdot 10^{-4}\text{m}^4$$

$$I_{tor} = 2,071 \cdot 10^{-3}\text{m}^4$$

### 5.3.2 Vnitřní síly

| Prut | Stav        | dx        | N             | Vy          | Vz            | Mx           | My            | Mz           |
|------|-------------|-----------|---------------|-------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|      |             | [mm]      | [kN]          | [kN]        | [kN]          | [kNm]        | [kNm]         | [kNm]        |
| B11  | ÚNOSNOST/2  | 1390,321  | <b>-89,57</b> | 0,04        | 4,06          | 0            | 19,71         | -0,08        |
| B9   | ÚNOSNOST/2  | 12512,88  | <b>140,15</b> | 0           | -8,42         | 0            | -5,95         | 0            |
| B10  | ÚNOSNOST/10 | 14393,831 | -1,75         | <b>-6</b>   | -1,54         | 0,01         | 12,71         | 2,1          |
| B11  | ÚNOSNOST/23 | 6951,601  | 10,85         | <b>6,11</b> | 2,77          | 0,01         | 15,75         | 0,84         |
| B9   | ÚNOSNOST/14 | 14393,83  | 96,07         | 0,21        | <b>-25,85</b> | 0            | -54,64        | 0,39         |
| B12  | ÚNOSNOST/9  | 7196,921  | 88,66         | 0           | <b>27,11</b>  | 0            | <b>-58,16</b> | 0            |
| B11  | ÚNOSNOST/3  | 12512,881 | 34,77         | -1,64       | -11,36        | <b>-0,25</b> | -3,47         | -1,16        |
| B11  | ÚNOSNOST/8  | 14393,831 | -31,5         | 1,04        | 10,08         | <b>0,19</b>  | -25,89        | -4,12        |
| B12  | ÚNOSNOST/9  | 14393,83  | 43,93         | 0           | 10,14         | 0            | <b>42,41</b>  | 0            |
| B9   | ÚNOSNOST/7  | 14393,831 | -25,53        | 1,45        | 11,04         | 0,19         | -29,42        | <b>-4,82</b> |
| B10  | ÚNOSNOST/20 | 7196,92   | -29,61        | 1,18        | -10,22        | 0,16         | -27,21        | <b>4,57</b>  |

### 5.3.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$L_{cr,y} = 7,197 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,12}} = 0,144 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{7,197}{0,144} = 49,862$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{49,862}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 0,884$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,884 - 0,3) + 0,884^2] = 0,920$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,920 + \sqrt{0,920^2 - 0,884^2}} = 0,851$$

$$L_{cr,y} = 2,828 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{5,76 \cdot 10^{-4}}{0,12}} = 0,069 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{2,828}{0,069} = 40,819$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{40,819}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 0,724$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,724 - 0,3) + 0,724^2] = 0,783$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,783 + \sqrt{0,783^2 - 0,724^2}} = 0,924$$

### 5.3.3.1 Prut B11

$$N = -89,57 \text{ kN} \quad M_y = 19,71 \text{ kNm} \quad M_z = 0 \text{ kNm}$$

- posudek na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{89,57 \cdot 10^3}{0,12} = 746,417 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,746 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{19,71 \cdot 10^3}{0,01} = 1,917 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 1,917 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0}{4,8 \cdot 10^{-3}} = 0 \text{ Pa}$$

- posouzení:

$$\frac{0,746}{0,851 \cdot 17,28} + \frac{1,917}{17,28} + 0,7 \cdot 0 = 0,165 \leq 1,0$$

$$\frac{0,746}{0,924 \cdot 17,28} + 0,7 \cdot \frac{1,917}{17,28} + 0 = 0,127 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,d} = 1,917 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = 0,746 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{33,606}} = 0,845$$

$$\text{pro } 1,4 \geq \lambda_{rel,m} > 0,75$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \cdot 0,845 = 0,926$$

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y} \\ &= \frac{\pi \sqrt{7730 \cdot 5,76 \cdot 10^{-4} \cdot 480 \cdot 2,021 \cdot 10^{-3}}}{19,431 \cdot 0,01} = 33,606 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11,6 = 7,73 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$G_{0,05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 0,72 = 0,48 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$I_z = 5,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_{tor} = 2,021 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l = 0,9 \cdot 21,59 = 19,431 \text{ m}$$

$$W_y = 0,01 \text{ m}^3$$



$$\begin{aligned}
k &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c(\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2] \\
&= 0,5 \cdot [1 + 0,1(0,845 - 0,3) + 0,845] = 0,884 \\
k_{c,z} &= \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,884 + \sqrt{0,884^2 - 0,845^2}} = 0,873 \\
\left(\frac{1,917}{0,926 \cdot 17,28}\right)^2 + \frac{0,746}{0,873 \cdot 17,28} &= 0,065 \leq 1,0
\end{aligned}$$

VYHOVUJE

### 5.3.3.2 Prut B12

$$N = 88,66 \text{ kN} \quad M_y = 58,16 \text{ kNm}$$

- podmínka posouzení kombinaci osového tahu a ohybu

$$\begin{aligned}
\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1,0 \\
\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1,0 \\
\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{88,66 \cdot 10^3}{0,12} &= 738,83 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,739 \text{ MPa} \\
\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{58,16 \cdot 10^3}{0,01} &= 5,816 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 5,816 \text{ MPa} \\
f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{165}{1,25} &= 11,88 \text{ MPa} \\
f_{m,d} &= 17,28 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{0,739}{11,88} + \frac{5,816}{17,28} + 0 &= 0,399 \leq 1,0 \\
\frac{0,739}{11,88} + 0,7 \cdot \frac{5,816}{17,28} + 0 &= 0,298 \leq 1,0
\end{aligned}$$

VYHOVUJE

### 5.3.3.3 Prut B12

$$N = 140,20 \text{ kN} \quad M_y = -5,95 \text{ kNm}$$

- podmínka posouzení pro kombinaci osového tahu a ohybu

$$\begin{aligned}
\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1,0 \\
\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &\leq 1,0 \\
\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{140,20 \cdot 10^3}{0,12} &= 1168,33 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 1,168 \text{ MPa} \\
\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{5,95 \cdot 10^3}{0,01} &= 0,595 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 0,595 \text{ MPa} \\
f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{165}{1,25} &= 11,88 \text{ MPa} \\
f_{m,d} &= 17,28 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$\frac{1,168}{11,88} + \frac{0,595}{17,28} + 0 = 0,133 \leq 1,0$$

$$\frac{1,168}{11,88} + 0,7 \cdot \frac{0,595}{17,28} + 0 = 0,122 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.3.3.4 Prut B12

$V_z = 27,11 \text{ kN}$  – posudek na max. posouvající sílu (smyk)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{27,11 \cdot 10^3}{0,12} = 338,875 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,339 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,339}{2,52} = 0,135 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.3.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B55,  $L = 21590 \text{ mm}$ , kombinace 6
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \sum u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sníh do } 1000 \text{ m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sníh}$$

$$u_{inst,G,y} = 0 \text{ mm} \quad u_{inst,G,z} = -5,1 \text{ mm}$$

$$u_{inst,s,y} = 0 \text{ mm} \quad u_{inst,s,z} = -10,4 \text{ mm}$$

$$u_{fin,y} = 0 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{fin,z} = (-5,1) \cdot (1 + 0,6) + (-10,4) \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = -18,56 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{0^2 + (-18,56)^2} = 18,56 \text{ mm}$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{21590}{250} = 86,36 \text{ mm}$$

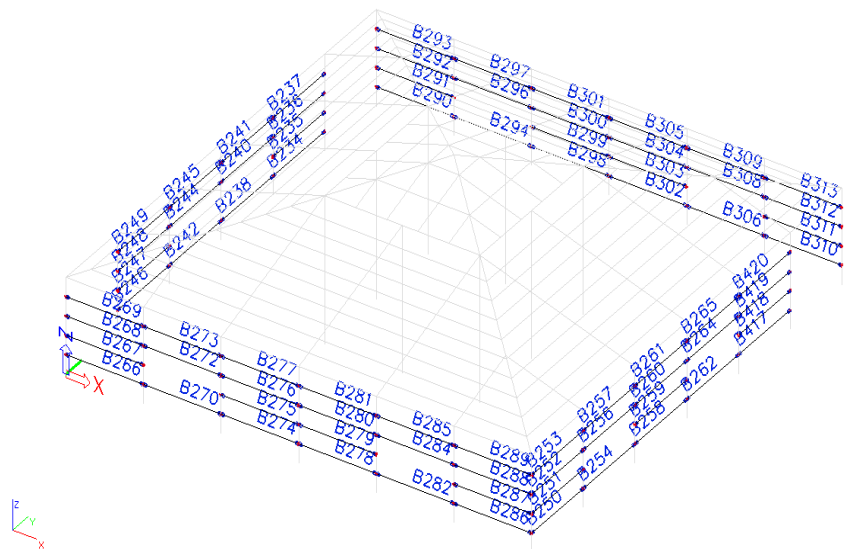
$$u_{fin} = 18,56\text{mm} \leq u_{lim} = 86,36\text{mm}$$

VYHOVUJE

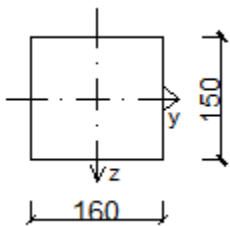
Prvek je dimenzován k dosažení potřebné tuhosti celkové konstrukce.

## 5.4 PAŽDÍKY

Schéma



### 5.4.1 Průřezové charakteristiky



$$b = 160\text{mm}$$

$$h = 150\text{mm}$$

$$A = 0,024\text{m}^2$$

$$W_y = 6,0 \cdot 10^{-4} \text{m}^3$$

$$W_z = 6,4 \cdot 10^{-4} \text{m}^3$$

$$I_y = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{m}^4$$

$$I_z = 5,12 \cdot 10^{-5} \text{m}^4$$

$$I_{tor} = 1,217 \cdot 10^{-4} \text{m}^4$$

#### 5.4.2 Vnitřní síly

| Prut | Stav       | dx      | N           | Vy           | Vz           | Mx           | My         | Mz           |
|------|------------|---------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
|      |            | [mm]    | [kN]        | [kN]         | [kN]         | [kNm]        | [kNm]      | [kNm]        |
| B272 | ÚNOSNOST/1 | 0       | <b>-2,4</b> | 1,01         | 2,24         | -0,02        | 0          | 0            |
| B281 | ÚNOSNOST/2 | 0       | <b>9,23</b> | 0            | 1,6          | 0            | 0          | 0            |
| B238 | ÚNOSNOST/3 | 0       | -0,73       | <b>-1,56</b> | 2,24         | 0            | 0          | 0            |
| B238 | ÚNOSNOST/4 | 5000    | -0,45       | <b>1,56</b>  | -2,24        | 0            | 0          | 0            |
| B238 | ÚNOSNOST/5 | 5000    | -0,56       | 0            | <b>-2,24</b> | 0            | 0          | 0            |
| B238 | ÚNOSNOST/5 | 0       | -0,56       | 0            | <b>2,24</b>  | 0            | 0          | 0            |
| B294 | ÚNOSNOST/6 | 0       | -1,55       | -1,01        | 2,24         | <b>-0,09</b> | 0          | 0            |
| B270 | ÚNOSNOST/7 | 0       | -1,55       | 1,52         | 2,24         | <b>0,14</b>  | 0          | 0            |
| B270 | ÚNOSNOST/7 | 5000    | -1,55       | -1,52        | -2,24        | 0,14         | <b>0</b>   | 0            |
| B238 | ÚNOSNOST/5 | 2499,99 | -0,56       | 0            | 0            | 0            | <b>2,8</b> | 0            |
| B238 | ÚNOSNOST/4 | 2499,99 | -0,45       | 0            | 0            | 0            | 2,8        | <b>-1,95</b> |
| B270 | ÚNOSNOST/8 | 2499,99 | -1,53       | 0            | 0            | 0,13         | 2,8        | <b>1,9</b>   |

#### 5.4.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 MPa$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 MPa$$

$$k_m = 0,7$$

$$L_{cr,y} = 5,0m$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{4,5 \cdot 10^{-5}}{0,024}} = 0,043m$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{5,00}{0,043} = 115,47$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{115,47}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 2,048$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3)] + \lambda_{rel}^2$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (2,048 - 0,3)] + 2,048^2 = 2,684$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{2,684 + \sqrt{2,684^2 - 2,048^2}} = 0,226$$

$$L_{cr,y} = 5,0m$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{5,12 \cdot 10^{-5}}{0,024}} = 0,046m$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5,00}{0,046} = 108,253$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{108,253}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 1,920$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,92 - 0,3) + 1,92^2] = 2,423$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{2,423 + \sqrt{2,423^2 - 1,920^2}} = 0,256$$

#### 5.4.3.1 Prut B272

N = -2,4kN – posudek na max. tlakovou sílu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2,4 \cdot 10^3}{0,024} = 100,00 \cdot 10^3 Pa = 0,100MPa$$

$$\sigma_{m,y,d} = \sigma_{m,z,d} = 0 Pa$$

- posouzení:

$$\frac{0,100}{0,226 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,026 \leq 1,0$$

$$\frac{0,100}{0,256 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,023 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.4.3.2 Prut B238

$$M_y = 2,8kNm$$

$$M_z = -1,95kNm$$

- podmínka posouzení pro šikmý ohyb

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{t,0,d} = 0MPa$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2,8 \cdot 10^3}{6,0 \cdot 10^{-4}} = 4,667 \cdot 10^6 Pa = 4,667MPa$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{1,95}{6,4 \cdot 10^{-4}} = 3,045 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 3,045 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = 11,88 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$\frac{4,667}{17,28} + 0,7 \cdot \frac{3,045}{17,28} = 0,393 \leq 1,0$$

$$0,7 \cdot \frac{4,667}{17,28} + \frac{3,045}{17,28} = 0,365 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.4.3.3 Prut B281

N = 9,23kN - posudek na max.tahovou sílu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{9,23 \cdot 10^3}{0,024} = 384,583 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,384 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \sigma_{m,z,d} = 0 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,384}{11,88} + 0 + 0 = 0,032 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.4.3.4 Prut B238

V<sub>z</sub> = 2,24kN – posudek na max. posouvající sílu (smyk)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2,24 \cdot 10^3}{0,024} = 140,00 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,140 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,140}{2,52} = 0,056 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{2,8 \cdot 10^3}{6,0 \cdot 10^{-4}} = 4,667 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 4,667 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{1,95}{6,4 \cdot 10^{-4}} = 3,045 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 3,045 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} = 4,667 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = 0 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{176,958}} = 0,368$$

$$\text{pro } \lambda_{rel,m} < 0,75 \quad k_{crit} = 1,0$$

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y} \\ &= \frac{\pi \sqrt{7730 \cdot 5,12 \cdot 10^{-5} \cdot 480 \cdot 1,217 \cdot 10^{-4}}}{4,50 \cdot 6 \cdot 10^{-4}} = 176,958 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11,6 = 7,73 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$G_{0,05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 0,72 = 0,48 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$I_z = 5,12 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_{tor} = 1,217 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l = 0,9 \cdot 5,0 = 4,50 \text{ m}$$

$$W_y = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1(0,368 - 0,3) + 0,368^2] = 0,571$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,571 + \sqrt{0,571^2 - 0,368^2}} = 0,992$$

$$\left( \frac{4,667}{0,992 \cdot 17,28} \right)^2 + 0 = 0,073 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.4.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B240, L = 5000mm, kombinace 7
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \Sigma u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sních do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sních}$$

$$u_{inst,G,y} = 0mm \quad u_{inst,G,z} = -10,3mm$$

$$u_{inst,s,y} = 0mm \quad u_{inst,s,z} = 0mm$$

$$u_{inst,w,y} = 5,8mm \quad u_{inst,w,z} = 0mm$$

$$u_{fin,y} = 0 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + 5,8 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 5,8mm$$

$$u_{fin,z} = (-10,3) \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = -16,48mm$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{5,8^2 + (-16,48)^2} = 17,47mm$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{5000}{250} = 20,00mm$$

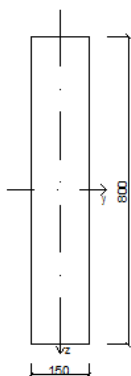
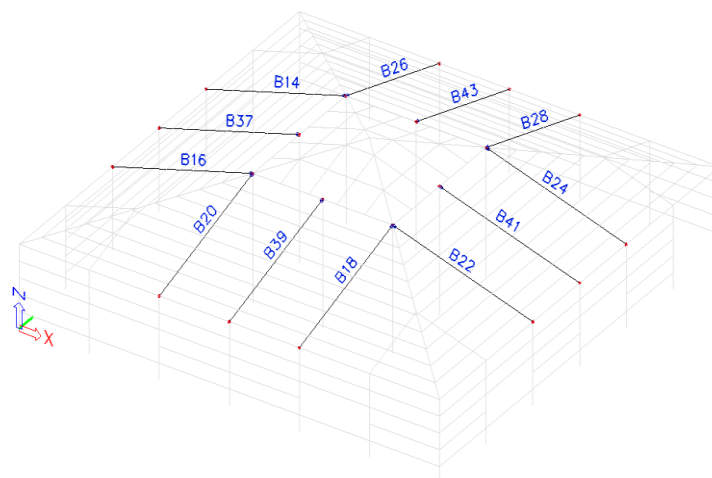
$$u_{fin} = 17,47mm \leq u_{lim} = 20,00mm$$

VYHOVUJE



## 5.5 PŘÍČLE

Schéma



### 5.5.1 Průřezové charakteristiky

$$b = 150\text{mm}$$

$$h = 800\text{mm}$$

$$A = 0,12\text{m}^2$$

$$W_y = 0,016\text{m}^3$$

$$W_z = 0,003\text{m}^3$$

$$I_y = 6,4 \cdot 10^{-3}\text{m}^4$$

$$I_z = 2,25 \cdot 10^{-4}\text{m}^4$$

$$I_{tor} = 8,095 \cdot 10^{-4}\text{m}^4$$

### 5.5.2 Vnitřní síly

| Prut | Stav        | dx<br>[mm] | N<br>[kN]    | Vy<br>[kN]   | Vz<br>[kN]    | Mx<br>[kNm]  | My<br>[kNm]   | Mz<br>[kNm]  |
|------|-------------|------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| B41  | ÚNOSNOST/4  | 10352,89   | <b>-27,8</b> | 0,04         | -36,86        | -0,03        | -91,8         | 0,01         |
| B26  | ÚNOSNOST/6  | 0          | <b>9,05</b>  | 0,36         | 1,88          | 0,13         | 0             | 0            |
| B43  | ÚNOSNOST/3  | 1352,871   | 2,16         | <b>-0,92</b> | 7,52          | 0,28         | 14,96         | 1,22         |
| B43  | ÚNOSNOST/3  | 0          | 3,73         | <b>0,9</b>   | 11,46         | 0,28         | 0             | 0            |
| B37  | ÚNOSNOST/1  | 10352,89   | -23,62       | 0            | <b>-37,66</b> | 0            | -64,88        | 0            |
| B37  | ÚNOSNOST/16 | 0          | -2,2         | 0,03         | <b>28,83</b>  | 0            | 0             | 0            |
| B26  | ÚNOSNOST/23 | 0          | 4,86         | 0,01         | 8,11          | <b>-0,29</b> | 0             | 0            |
| B39  | ÚNOSNOST/14 | 0          | 3,73         | 0,83         | 11,46         | <b>0,47</b>  | 0             | 0            |
| B24  | ÚNOSNOST/17 | 10352,89   | -23,99       | 0,06         | -24,37        | -0,02        | <b>-93,33</b> | 0            |
| B37  | ÚNOSNOST/16 | 4352,89    | -8,17        | -0,11        | 5,61          | 0            | <b>76,87</b>  | -0,31        |
| B20  | ÚNOSNOST/17 | 5352,89    | 0,54         | -0,37        | -1,1          | 0,21         | 22,47         | <b>-0,79</b> |
| B43  | ÚNOSNOST/3  | 1352,87    | 3,52         | 0,9          | 10,67         | 0,28         | 14,96         | <b>1,22</b>  |

### 5.5.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$L_{cr,y} = 1,035 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{6,4 \cdot 10^{-3}}{0,12}} = 0,231 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{1,035}{0,231} = 4,483$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{4,483}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 0,079$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,079 - 0,3) + 0,079^2] = 0,492$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,492 + \sqrt{0,492^2 - 0,079^2}} = 1,022$$

$$k_{c,y} = 1,00$$

$$L_{cr,y} = 10,353 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{2,25 \cdot 10^{-4}}{0,12}} = 0,043 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{10,353}{0,069} = 239,092$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{239,092}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 4,240$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (4,240 - 0,3) + 4,240^2] = 9,684$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{9,684 + \sqrt{9,684^2 - 4,240^2}} = 0,054$$

### 5.5.3.1 Prut B24

$$N = -27,8 \text{ kN} \quad M_y = -91,8 \text{ kNm} \quad M_z = 0 \text{ kNm}$$

- posudek na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{27,80 \cdot 10^3}{0,12} = 231,66 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,232 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{91,8 \cdot 10^3}{0,016} = 5,737 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 5,737 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = 0 \text{ MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{0,232}{1,0 \cdot 17,28} + \frac{5,737}{17,28} + 0 = 0,345 \leq 1,0$$

$$\frac{0,232}{0,054 \cdot 17,28} + 0,7 \cdot \frac{5,737}{17,28} + 0 = 0,479 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,d} = 5,737 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = 0,232 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{17,327}} = 1,177$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \cdot 1,177 = 0,678$$

$$\text{pro } 1,4 > \lambda_{rel,m} > 0,75$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y}$$

$$= \frac{\pi \sqrt{7730 \cdot 2,25 \cdot 10^{-4} \cdot 480 \cdot 8,095 \cdot 10^{-4}}}{9,318 \cdot 0,003} = 17,327 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11,6 = 7,73 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$G_{0,05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 0,72 = 0,48 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$I_z = 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$I_{tor} = 8,095 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l = 0,9 \cdot 10,353 = 9,318 \text{ m}$$

$$W_y = 0,003 \text{ m}^3$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2] \\ = 0,5 \cdot [1 + 0,1(1,177 - 0,3) + 1,177^2] = 1,236$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,236 + \sqrt{1,236^2 - 1,177^2}} = 0,619$$

$$\left( \frac{5,737}{0,678 \cdot 17,28} \right)^2 + \frac{0,232}{0,619 \cdot 17,28} = 0,261 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.5.3.2 Prut B26

N = 9,05kN- posudek na max. tahovou sílu

- Tah rovnoběžně s vlákny

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{9,05 \cdot 10^3}{0,12} = 75,416 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,075 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{0,075}{11,88} = 0,006 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.5.3.3 Prut B37

V<sub>z</sub> = -37,66kN – posudek na max. posouvající sílu (smyk)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{37,66 \cdot 10^3}{0,12} = 470,75 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,471 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,471}{2,52} = 0,187 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.1.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B39, L = 10353mm, kombinace 5
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \sum u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sních do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sních}$$

$$u_{inst,G,y} = 0mm \quad u_{inst,G,z} = 0mm$$

$$u_{inst,s,y} = 0mm \quad u_{inst,s,z} = 0mm$$

$$u_{inst,w,y} = -15,2mm \quad u_{inst,w,z} = 0mm$$

$$u_{fin,y} = 0 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + (-15,2) \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = -15,2mm$$

$$u_{fin,z} = 0 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 0mm$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{0^2 + (-15,2)^2} = 15,2mm$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{10353}{250} = 41,415mm$$

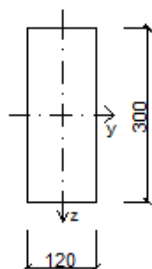
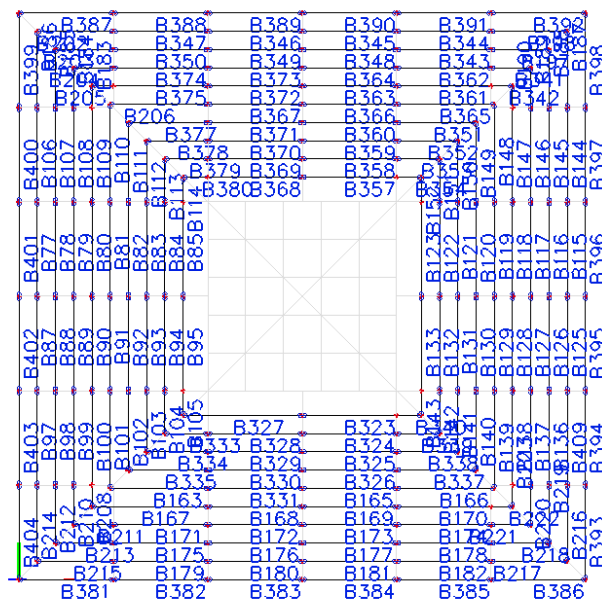
$$u_{fin} = 15,2mm \leq u_{lim} = 41,415mm$$

VYHOVUJE

Prvek je dimenzován k dosažení potřebné tuhosti celkové konstrukce.

## 5.6 VAZNICE

Schéma



### 5.6.1 Průřezové charakteristiky

$$b = 120\text{mm}$$

$$h = 300\text{mm}$$

$$A = 0,036\text{m}^2$$

$$W_y = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$$

$$W_z = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{m}^3$$

$$I_y = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{m}^4$$

$$I_z = 4,32 \cdot 10^{-5} \text{m}^4$$

$$I_{tor} = 1,536 \cdot 10^{-4} \text{m}^4$$

### 5.6.2 Vnitřní síly

| Prut | Stav        | dx      | N            | Vy           | Vz           | Mx    | My    | Mz    |
|------|-------------|---------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|
|      |             | [mm]    | [kN]         | [kN]         | [kN]         | [kNm] | [kNm] | [kNm] |
| B101 | ÚNOSNOST/2  | 0       | <b>-38,9</b> | 0            | 3,28         | -0,02 | 0     | 0     |
| B398 | ÚNOSNOST/2  | 0       | <b>44,2</b>  | 0            | 1,83         | 0     | 0     | 0     |
| B387 | ÚNOSNOST/20 | 0       | 20,99        | <b>-0,87</b> | 0,68         | 0     | 0     | 0     |
| B381 | ÚNOSNOST/8  | 0       | 22,57        | <b>0,87</b>  | 0,68         | 0     | 0     | 0     |
| B95  | ÚNOSNOST/16 | 6306,78 | 24,75        | 0,05         | <b>-4,17</b> | -0,01 | 0     | 0     |
| B95  | ÚNOSNOST/16 | 0       | 24,75        | -0,05        | <b>4,17</b>  | -0,01 | 0     | 0     |
| B189 | ÚNOSNOST/9  | 0       | -19,29       | 0            | <b>1,33</b>  | -0,14 | 0     | 0     |
| B341 | ÚNOSNOST/9  | 0       | -19,28       | 0            | <b>1,33</b>  | 0,14  | 0     | 0     |

### 5.6.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$L_{cr,y} = 5,00 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2,7 \cdot 10^{-4}}{0,036}} = 0,087 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{5,00}{0,087} = 57,735$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{57,735}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 1,024$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,024 - 0,3) + 1,024^2] = 1,060$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,060 + \sqrt{1,060^2 - 1,024^2}} = 0,749$$

$$L_{cr,z} = 6,136 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{4,32 \cdot 10^{-5}}{0,036}} = 0,035 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{6,136}{0,035} = 177,131$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{177,131}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 3,141$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (3,141 - 0,3) + 3,141^2] = 5,575$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{5,575 + \sqrt{5,575^2 - 3,141^2}} = 0,098$$

### 5.6.3.1 Prut B101

$N = -38,9\text{kN}$  - posudek na max. tlakovou sílu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{38,9 \cdot 10^3}{0,036} = 1080,556 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 1,081\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \sigma_{m,z,d} = 0\text{MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{1,081}{0,749 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,084 \leq 1,0$$

$$\frac{1,081}{0,098 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,637 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

### 5.6.3.2 Prut B95

$N = 24,75\text{kN}$

$M_y = 6,58\text{kNm}$

- podmínka posouzení kombinací osového tahu a ohybu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{24,75 \cdot 10^3}{0,036} = 687,50 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,688\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{6,58 \cdot 10^3}{1,8 \cdot 10^{-3}} = 3,656 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 3,656\text{MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{165}{1,25} = 11,88\text{MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28\text{MPa}$$

$$\frac{0,688}{11,88} + \frac{3,656}{17,28} + 0 = 0,269 \leq 1,0$$

$$\frac{0,688}{11,88} + 0,7 \cdot \frac{3,656}{17,28} + 0 = 0,206 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,y,d} = 3,656\text{MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = 0,688\text{MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28\text{MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 17,28\text{MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{44,151}} = 0,737$$



$$\text{pro } \lambda_{rel,m} < 0,75 \quad k_{crit} = 1,0$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y}$$

$$= \frac{\pi \sqrt{7730 \cdot 4,32 \cdot 10^{-5} \cdot 480 \cdot 1,536 \cdot 10^{-4}}}{5,522 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3}} = 44,151 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11,6 = 7,73 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$G_{0,05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 0,72 = 0,48 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$I_z = 4,32 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_{tor} = 1,536 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l = 0,9 \cdot 6,136 = 5,522 \text{ m}$$

$$W_y = 7,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1(0,737 - 0,3) + 0,737^2] = 0,793$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,793 + \sqrt{0,793^2 - 0,737^2}} = 0,920$$

$$\left( \frac{3,656}{1,0 \cdot 17,28} \right)^2 + \frac{0,688}{0,920 \cdot 17,28} = 0,088 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.6.3.3 Prut B398

N = 44,2kN- posudek na max.tahovou sílu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{44,2 \cdot 10^3}{0,036} = 1227,778 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 1,228 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

$$\frac{1,228}{11,88} = 0,103 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.6.3.4 Prut B95

V<sub>z</sub> = 4,17kN – posudek na max. posouvající sílu (smyk)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{4,17 \cdot 10^3}{0,036} = 173,75 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,174 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,174}{2,52} = 0,069 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.3.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B170, L = 6136mm, kombinace 7
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \sum u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 1,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sníh do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sníh}$$

$$u_{inst,G,y} = -0,5mm \quad u_{inst,G,z} = 0mm$$

$$u_{inst,s,y} = -0,5mm \quad u_{inst,s,z} = 0mm$$

$$u_{inst,w,y} = -8,8mm \quad u_{inst,w,z} = 0mm$$

$$u_{fin,y} = (-0,5) \cdot (1 + 1,6) + (-0,5) \cdot (0,5 + 0 \cdot 1,6) + (-8,8) \cdot (1 + 0 \cdot 1,6) = -9,85mm$$

$$u_{fin,z} = 0 \cdot (1 + 1,6) + 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 1,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 1,6) = 0mm$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{0^2 + (-9,85)^2} = 9,85mm$$

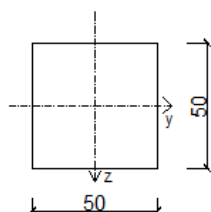
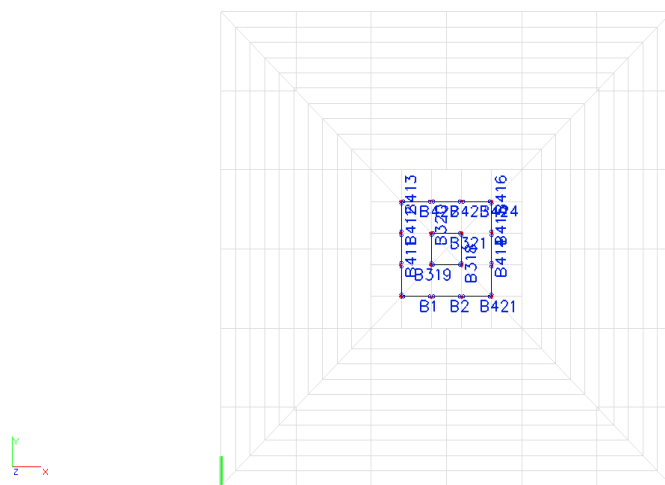
$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{6136}{250} = 24,54mm$$

$$u_{fin} = 9,85mm \leq u_{lim} = 24,54mm$$

VYHOVUJE

## 5.7 VAZNICE 1

Schéma



### 5.7.1 Průřezové charakteristiky

$$b = 50\text{mm}$$

$$h = 50\text{mm}$$

$$A = 0,0025\text{m}^2$$

$$W_y = 2,083 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$$

$$W_z = 2,083 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$$

$$I_y = 5,208 \cdot 10^{-7} \text{m}^4$$

$$I_z = 5,208 \cdot 10^{-7} \text{m}^4$$

$$I_{tor} = 1,326 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$$

### 5.7.2 Vnitřní síly

| Prut | Stav        | dx     | N            | Vy       | Vz           | Mx       | My          | Mz       |
|------|-------------|--------|--------------|----------|--------------|----------|-------------|----------|
|      |             | [mm]   | [kN]         | [kN]     | [kN]         | [kNm]    | [kNm]       | [kNm]    |
| B321 | ÚNOSNOST/10 | 0      | <b>-2,31</b> | 0        | 0,01         | 0        | 0           | 0        |
| B413 | ÚNOSNOST/2  | 0      | <b>5,89</b>  | 0        | 0,01         | 0        | 0           | 0        |
| B1   | ÚNOSNOST/14 | 0      | 5,45         | <b>0</b> | 0,01         | 0        | 0           | 0        |
| B1   | ÚNOSNOST/27 | 0      | 2,71         | <b>0</b> | 0,01         | 0        | 0           | <b>0</b> |
| B318 | ÚNOSNOST/5  | 2000   | 0,28         | 0        | <b>-0,01</b> | 0        | 0           | 0        |
| B318 | ÚNOSNOST/5  | 0      | 0,28         | 0        | <b>0,01</b>  | 0        | 0           | 0        |
| B422 | ÚNOSNOST/12 | 0      | 3,13         | 0        | 0,01         | <b>0</b> | 0           | 0        |
| B319 | ÚNOSNOST/8  | 0      | -0,4         | 0        | 0,01         | <b>0</b> | 0           | 0        |
| B421 | ÚNOSNOST/8  | 2000   | 2,67         | 0        | -0,01        | 0        | <b>0</b>    | 0        |
| B318 | ÚNOSNOST/5  | 999,99 | 0,28         | 0        | 0            | 0        | <b>0,01</b> | 0        |
| B2   | ÚNOSNOST/7  | 2000   | 3,11         | 0        | -0,01        | 0        | 0           | <b>0</b> |

### 5.7.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 MPa$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 MPa$$

$$k_m = 0,7$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 2,00 m$$

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_{y(z)}}{A}} = \sqrt{\frac{5,208 \cdot 10^{-7}}{0,0025}} = 0,014 m$$

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{2,00}{0,014} = 138,564$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{138,564}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 2,457$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (2,457 - 0,3) + 2,457^2] = 3,627$$

$$k_{c,y} = k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{3,627 + \sqrt{3,627^2 - 2,457^2}} = 0,159$$

#### 5.7.3.1 Prut B321

N = -2,31 kN - posudek na max. tlakovou sílu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2,31 \cdot 10^3}{0,0025} = 924,00 \cdot 10^3 Pa = 0,924 MPa$$

$$\sigma_{m,y,d} = \sigma_{m,z,d} = 0 MPa$$

- posouzení:

$$\frac{0,924}{0,159 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,337 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0 \text{ MPa}$$

- viz posudek na max. tlakovou sílu

5.7.3.2 Prut B413

N = 5,89N- posudek na max. tahovou sílu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{5,89 \cdot 10^3}{0,0025} = 2356,0 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 2,356 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 11,88 \text{ MPa}$$

$$\frac{2,356}{11,88} = 0,198 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.3.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B170, L = 6136mm, kombinace 7

- posudek v místě max. průhybu

- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \Sigma u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sníh do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sníh}$$

$$u_{inst,G,y} = -1,9 \text{ mm} \quad u_{inst,G,z} = 0 \text{ mm}$$

$$u_{inst,s,y} = -1,7 \text{ mm} \quad u_{inst,s,z} = 0 \text{ mm}$$

$$u_{inst,w,y} = -0,3 \text{ mm} \quad u_{inst,w,z} = 0 \text{ mm}$$

$$u_{fin,y} = (-1,9) \cdot (1 + 0,6) + (-1,7) \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) + (-0,3) \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) = -4,92 \text{ mm}$$

$$u_{fin,z} = 0 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) + 0 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) = 0 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{0^2 + (-4,92)^2} = 4,92mm$$

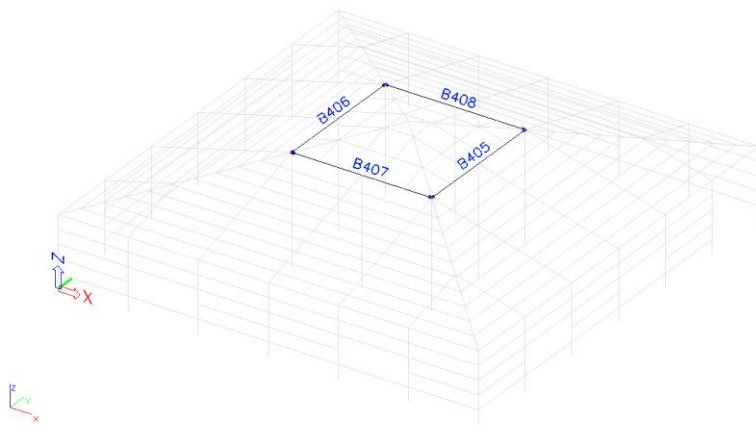
$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{2000}{250} = 8,0mm$$

$$u_{fin} = 4,92mm \leq u_{lim} = 8,0mm$$

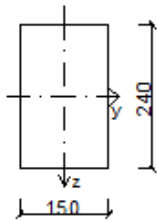
VYHOVUJE

## 5.8 VAZNICE 2

Schéma



### 5.8.1 Průřezové charakteristiky



$$b = 150mm$$

$$h = 240mm$$

$$A = 0,036m^2$$

$$W_y = 1,44 \cdot 10^{-3} m^3$$

$$W_z = 9,0 \cdot 10^{-4} m^3$$

$$I_y = 1,728 \cdot 10^{-4} m^4$$

$$I_z = 6,75 \cdot 10^{-5} m^4$$

$$I_{tor} = 2,263 \cdot 10^{-4} m^4$$

### 5.8.2 Vnitřní síly

| Prut | Stav        | dx       | N            | Vy           | Vz            | Mx           | My            | Mz           |
|------|-------------|----------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
|      |             | [mm]     | [kN]         | [kN]         | [kN]          | [kNm]        | [kNm]         | [kNm]        |
| B408 | ÚNOSNOST/11 | 6000,001 | <b>11,73</b> | -0,17        | 0,53          | 0,03         | 0,46          | 0,71         |
| B408 | ÚNOSNOST/2  | 4000,001 | <b>74,59</b> | 7,24         | -13,15        | 0            | 0,97          | -2,72        |
| B405 | ÚNOSNOST/16 | 5000,001 | 74,39        | <b>-8,39</b> | 12,39         | 0            | -11,05        | <b>5,4</b>   |
| B405 | ÚNOSNOST/16 | 5000     | 74,32        | <b>8,38</b>  | -12,4         | 0            | -11,08        | 5,39         |
| B406 | ÚNOSNOST/2  | 5000     | 74,58        | -7,24        | <b>-13,88</b> | 0            | -12,55        | -4,52        |
| B407 | ÚNOSNOST/2  | 5000,001 | 74,58        | -7,24        | <b>13,88</b>  | 0            | -12,55        | 4,52         |
| B408 | ÚNOSNOST/23 | 0        | 31,09        | 0,06         | 0,72          | <b>-0,02</b> | 0             | 0            |
| B407 | ÚNOSNOST/7  | 8000,001 | 40,36        | -0,42        | -0,44         | <b>0,04</b>  | 1,34          | 0,69         |
| B406 | ÚNOSNOST/16 | 5000,001 | 69,96        | 5,54         | 13,82         | 0            | <b>-12,59</b> | -3,35        |
| B406 | ÚNOSNOST/16 | 2000,001 | 70,03        | 1,69         | -1,53         | 0            | <b>5,33</b>   | -1,16        |
| B406 | ÚNOSNOST/2  | 5000,001 | 74,58        | 7,24         | 13,88         | 0            | -12,55        | <b>-4,53</b> |

### 5.8.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 MPa$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 MPa$$

$$k_m = 0,7$$

#### 5.8.3.1 Prut B406

$$N = 74,58 kN \quad M_y = -12,55 kNm \quad M_z = -4,53 kNm$$

- posudek na max- účinky kombinaci osového tahu a ohybu

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{74,568 \cdot 10^3}{0,036} = 2071,667 \cdot 10^3 Pa = 2,072 MPa$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{12,55 \cdot 10^3}{1,44 \cdot 10^{-3}} = 8,715 \cdot 10^6 Pa = 8,715 MPa$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{4,53 \cdot 10^3}{9,0 \cdot 10^{-4}} = 5,033 \cdot 10^6 Pa = 5,033 MPa$$

$$f_{t,0,d} = 11,88 MPa$$

$$f_{m,d} = 17,28 MPa$$

$$\frac{2,072}{11,88} + \frac{8,715}{17,28} + 0,7 \cdot \frac{5,033}{17,28} = 0,883 \leq 1,0$$

$$\frac{2,072}{11,88} + 0,7 \cdot \frac{8,7156}{17,28} + \frac{5,033}{17,28} = 0,819 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,y,d} = 8,715 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = 2,072 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{44,151}} = 0,737$$

$$\text{pro } \lambda_{rel,m} < 0,75 \quad k_{crit} = 1,0$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y}$$

$$= \frac{\pi \sqrt{7730 \cdot 4,32 \cdot 10^{-5} \cdot 480 \cdot 1,536 \cdot 10^{-4}}}{5,522 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3}} = 44,151 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11,6 = 7,73 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$G_{0,05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 0,72 = 0,48 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$I_z = 6,75 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_{tor} = 2,263 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l = 0,9 \cdot 6,136 = 5,522 \text{ m}$$

$$W_y = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1(0,737 - 0,3) + 0,737] = 0,794$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,794 + \sqrt{0,794^2 - 0,737^2}} = 0,919$$

$$\left( \frac{8,715}{1,0 \cdot 17,28} \right)^2 + \frac{2,072}{0,919 \cdot 17,28} = 0,322 \leq 1,0$$

VYHOVUJE



### 5.8.3.3 Prut B407

$V_z = 13,88 \text{ kN}$  – posudek na max. posouvající sílu (smyk)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{13,88 \cdot 10^3}{0,036} = 578,333 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,578 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,578}{2,52} = 0,229 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### 5.8.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B406, L = 10000mm, kombinace 16
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \sum u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sněh do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sněh}$$

$$u_{inst,G,y} = 0,2 \text{ mm} \quad u_{inst,G,z} = -1,7 \text{ mm}$$

$$u_{inst,s,y} = 0,3 \text{ mm} \quad u_{inst,s,z} = -1,6 \text{ mm}$$

$$u_{inst,w,y} = 0,2 \text{ mm} \quad u_{inst,w,z} = -0,2 \text{ mm}$$

$$u_{fin,y} = 0,2 \cdot (1 + 0,6) + 0,3 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) + 0,2 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) = 0,74 \text{ mm}$$

$$u_{fin,z} = (-1,7) \cdot (1 + 0,6) + (-1,6) \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) + (-0,2) \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) = -4,44 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{0,74^2 + (-4,44)^2} = 4,50 \text{ mm}$$

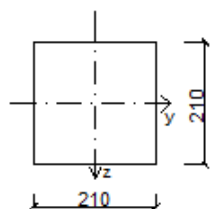
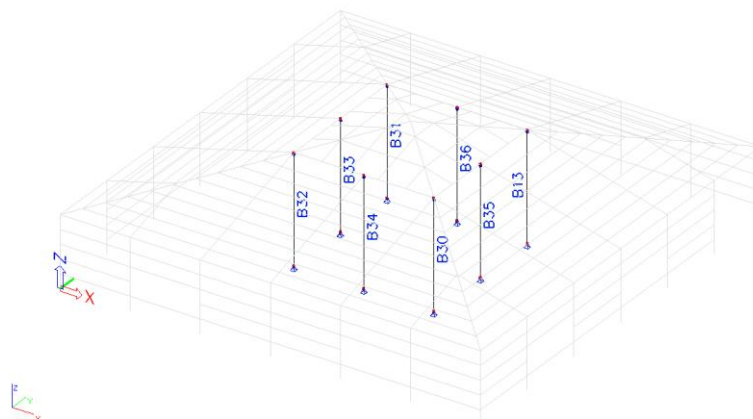
$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{10000}{250} = 40,00 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = 4,50 \text{ mm} \leq u_{lim} = 40,00 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

## 5.9 SLOUPY 1

Schéma



### 5.9.1 Průřezové charakteristiky

$$b = 210\text{mm}$$

$$h = 210\text{mm}$$

$$A = 0,0441\text{m}^2$$

$$W_y = 1,544 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$$

$$W_z = 1,544 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$$

$$I_y = 1,621 \cdot 10^{-4} \text{m}^4$$

$$I_z = 1,621 \cdot 10^{-4} \text{m}^4$$

$$I_{tor} = 4,126 \cdot 10^{-4} \text{m}^4$$

### 5.9.2 Vnitřní síly

| Prut | Stav        | dx   | N              | Vy       | Vz       | Mx       | My       | Mz       |
|------|-------------|------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|      |             | [mm] | [kN]           | [kN]     | [kN]     | [kNm]    | [kNm]    | [kNm]    |
| B13  | ÚNOSNOST/9  | 0    | <b>-122,37</b> | 0        | <b>0</b> | 0        | 0        | 0        |
| B35  | ÚNOSNOST/10 | 0    | <b>-1,03</b>   | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        |
| B30  | ÚNOSNOST/27 | 0    | -34,2          | <b>0</b> | 0        | 0        | 0        | 0        |
| B13  | ÚNOSNOST/24 | 0    | -110,25        | <b>0</b> | 0        | 0        | 0        | 0        |
| B31  | ÚNOSNOST/3  | 0    | -63,86         | 0        | <b>0</b> | 0        | <b>0</b> | 0        |
| B13  | ÚNOSNOST/12 | 0    | -71,96         | 0        | 0        | <b>0</b> | 0        | 0        |
| B13  | ÚNOSNOST/11 | 7680 | -15,96         | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> | 0        |
| B32  | ÚNOSNOST/7  | 0    | -63            | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |
| B13  | ÚNOSNOST/24 | 7680 | -89,72         | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |

### 5.9.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 MPa$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 MPa$$

$$k_m = 0,7$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 7,68 m$$

$$i_y = i_z = \sqrt{\frac{I_{y(z)}}{A}} = \sqrt{\frac{1,621 \cdot 10^{-4}}{0,0441}} = 0,061 m$$

$$\lambda_y = \lambda_z = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{7,68}{0,061} = 126,687$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{126,687}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 2,247$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (2,247 - 0,3) + 2,247^2] = 3,121$$

$$k_{c,y} = k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{3,121 + \sqrt{3,121^2 - 2,247^2}} = 0,189$$

#### 5.9.3.1 Prut B13

N = -122,4 kN - posudek na max. tlakovou sílu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{122,4 \cdot 10^3}{0,0441} = 2776 \cdot 10^3 Pa = 2,776 MPa$$

$$\sigma_{m,y,d} = \sigma_{m,z,d} = 0 MPa$$

- posouzení:

$$\frac{2,776}{0,189 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,849 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0 \text{ MPa}$$

- viz posudek na max. tlakovou sílu

#### 5.9.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B36, L = 7680mm, kombinace 6
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \Sigma u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sníh do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sníh}$$

$$u_{inst,G,y} = 0 \text{ mm} \quad u_{inst,G,z} = 0 \text{ mm}$$

$$u_{inst,s,y} = 0 \text{ mm} \quad u_{inst,s,z} = 0 \text{ mm}$$

$$u_{inst,w,y} = 0 \text{ mm} \quad u_{inst,w,z} = 5,1 \text{ mm}$$

$$u_{fin,y} = 0 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 0,74 \text{ mm}$$

$$u_{fin,z} = 0 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + 5,1 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 5,1 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{0^2 + 5,1^2} = 5,10 \text{ mm}$$

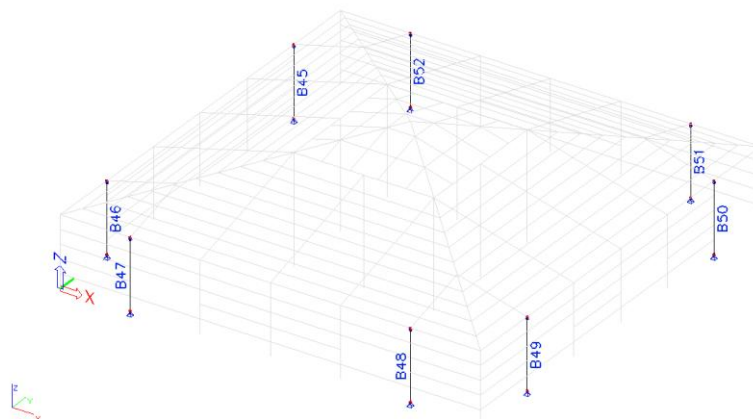
$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{7680}{250} = 30,72 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = 5,10 \text{ mm} \leq u_{lim} = 30,72 \text{ mm}$$

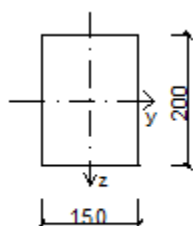
VYHOVUJE

## 5.10 SLOUPY 2

Schéma



### 5.10.1 Průřezové charakteristiky



$$b = 150\text{mm}$$

$$h = 200\text{mm}$$

$$A = 0,03\text{m}^2$$

$$W_y = 0,001\text{m}^3$$

$$W_z = 7,5 \cdot 10^{-4}\text{m}^3$$

$$I_y = 1,0 \cdot 10^{-4}\text{m}^4$$

$$I_z = 5,625 \cdot 10^{-5}\text{m}^4$$

$$I_{tor} = 1,765 \cdot 10^{-4}\text{m}^4$$

### 5.10.2 Vnitřní síly

| Prut | Stav        | dx       | N             | Vy           | Vz           | Mx       | My           | Mz           |
|------|-------------|----------|---------------|--------------|--------------|----------|--------------|--------------|
|      |             | [mm]     | [kN]          | [kN]         | [kN]         | [kNm]    | [kNm]        | [kNm]        |
| B45  | ÚNOSNOST/22 | 5000     | <b>-30,32</b> | -0,02        | 2,29         | 0        | 0            | 0            |
| B52  | ÚNOSNOST/11 | 0        | <b>0,17</b>   | <b>-4,49</b> | -0,17        | 0        | 0            | 0            |
| B52  | ÚNOSNOST/7  | 4000,001 | -19,15        | <b>4,52</b>  | -0,07        | 0        | 0,07         | -4,52        |
| B47  | ÚNOSNOST/11 | 0        | 0,16          | -0,2         | <b>-4,52</b> | 0        | 0            | 0            |
| B47  | ÚNOSNOST/7  | 4000,001 | -19,17        | -0,05        | <b>4,49</b>  | 0        | -4,49        | 0,05         |
| B46  | ÚNOSNOST/7  | 0        | -8,52         | -0,73        | -3,8         | <b>0</b> | 0            | 0            |
| B45  | ÚNOSNOST/6  | 0        | -13,07        | 0,76         | -3,83        | <b>0</b> | 0            | 0            |
| B47  | ÚNOSNOST/15 | 2000     | -4,66         | 0,31         | -2,27        | 0        | <b>-6,66</b> | -0,05        |
| B51  | ÚNOSNOST/2  | 1000     | -15,3         | 0,02         | 0,85         | 0        | <b>0,85</b>  | 0,02         |
| B52  | ÚNOSNOST/19 | 2000     | -6,78         | -2,24        | 0,34         | 0        | -0,03        | <b>-6,62</b> |
| B50  | ÚNOSNOST/2  | 1000     | -16,57        | 1,14         | 0,01         | 0        | 0,01         | <b>1,14</b>  |

### 5.10.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$L_{cr,y} = 5,00 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 10^{-4}}{0,03}} = 0,058 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{5,0}{0,058} = 86,603$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{86,603}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 1,536$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,536 - 0,3) + 1,536^2] = 1,741$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,741 + \sqrt{1,741^2 - 1,536^2}} = 0,390$$

$$L_{cr,y} = 5,00 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{5,625 \cdot 10^{-5}}{0,03}} = 0,043 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5,0}{0,043} = 115,47$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{115,47}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 2,048$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (2,048 - 0,3) + 2,048^2] = 2,684$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{2,684 + \sqrt{2,684^2 - 2,048^2}} = 0,226$$

#### 5.10.3.1 Prut B45

$N = -30,32\text{kN}$  – posudek na max. tlakovou sílu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{30,32 \cdot 10^3}{0,03} = 1011 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 1,011\text{MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{1,011}{0,390 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,150 \leq 1,0$$

$$\frac{1,011}{0,226 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,258 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.10.3.2 Prut B47

$N = -4,66\text{kN}$        $M_y = -6,66\text{kNm}$        $M_z = 0\text{kNm}$

- posudek na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{4,66 \cdot 10^3}{0,03} = 155,33 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,155\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{6,66 \cdot 10^3}{0,001} = 1,578 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 6,660\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0\text{MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{0,155}{0,390 \cdot 17,28} + \frac{6,660}{17,28} + 0 = 0,408 \leq 1,0$$

$$\frac{0,155}{0,226 \cdot 17,28} + 0,7 \cdot \frac{6,660}{17,28} + 0 = 0,310 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.10.3.3 Prut B52

$N = -6,78\text{kN}$      $M_y = 0\text{kNm}$      $M_z = -6,62\text{kNm}$

- posudek na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{6,78 \cdot 10^3}{0,03} = 226,0 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,226\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{6,62 \cdot 10^3}{7,5 \cdot 10^{-4}} = 8,827 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 8,827\text{MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{0,226}{0,390 \cdot 17,28} + 0 + 0,7 \cdot \frac{8,827}{17,28} = 0,391 \leq 1,0$$

$$\frac{0,226}{0,226 \cdot 17,28} + 0 + \frac{8,827}{17,28} = 0,569 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,d} = 8,827 MPa$$

$$\sigma_{c,d} = 0,226 MPa$$

$$f_{m,d} = 17,28 MPa$$

$$f_{c,0,d} = 17,28 MPa$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{133,983}} = 0,423$$

$$\text{pro } \lambda_{rel,m} < 0,75 \quad k_{crit} = 1,0$$

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y} \\ &= \frac{\pi \sqrt{7730 \cdot 5,625 \cdot 10^{-5} \cdot 480 \cdot 1,765 \cdot 10^{-4}}}{4,5 \cdot 0,001} = 133,983 MPa \end{aligned}$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11,6 = 7,73 \cdot 10^3 MPa$$

$$G_{0,05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 0,72 = 0,48 \cdot 10^3 MPa$$

$$I_z = 5,625 \cdot 10^{-5} m^4$$

$$I_{tor} = 1,765 \cdot 10^{-4} m^4$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l = 0,9 \cdot 5 = 4,5 m$$

$$W_y = 0,001 m^3$$

$$\begin{aligned} k &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1(0,423 - 0,3) + 0,423] = 0,596 \end{aligned}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,596 + \sqrt{0,596^2 - 0,423^2}} = 0,985$$

$$\left( \frac{8,827}{1,0 \cdot 17,28} \right)^2 + \frac{0,226}{0,985 \cdot 17,28} = 0,274 \leq 1,0$$

VYHOVUJE



#### 5.10.3.4 Prut B57

$V_z = -4,52\text{kN}$  – posudek na max. posouvající sílu (smyk)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{4,52 \cdot 10^3}{0,03} = 226,0 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,226 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,226}{2,52} = 0,090 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.10.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B52, L = 5000mm, kombinace 7
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \sum u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sníh do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sníh}$$

$$u_{inst,G,y} = 0\text{mm} \quad u_{inst,G,z} = 0,2\text{mm}$$

$$u_{inst,s,y} = 0\text{mm} \quad u_{inst,s,z} = 0,2\text{mm}$$

$$u_{inst,w,y} = 16,2\text{mm} \quad u_{inst,w,z} = 0,0\text{mm}$$

$$u_{fin,y} = 0 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + 16,2 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 16,2\text{mm}$$

$$u_{fin,z} = 0,2 \cdot (1 + 0,6) + 0,2 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + 0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 0,42\text{mm}$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{16,2^2 + 0,42^2} = 16,21\text{mm}$$

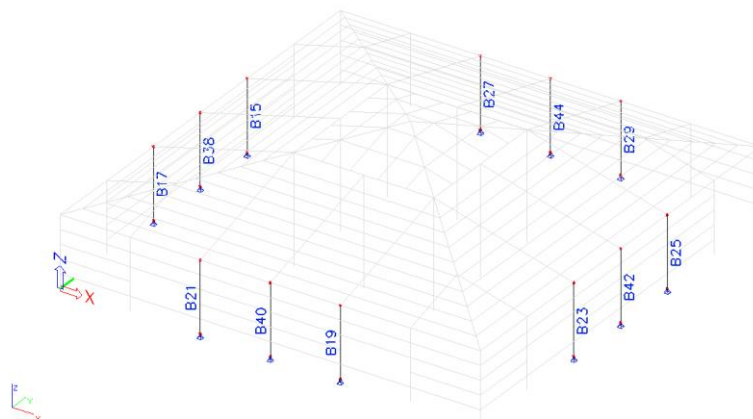
$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{5000}{250} = 20,00\text{mm}$$

$$u_{fin} = 16,21\text{mm} \leq u_{lim} = 20,00\text{mm}$$

VYHOVUJE

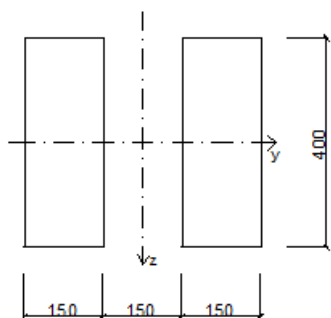
## 5.11 SLOUPY 3

Schéma



### 5.11.1 Průřezové charakteristiky

- sloupky s náběhem



$$b_a = 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$h_a = 400 \text{ mm}$$

$$\text{náběh } h_n = 800 \text{ mm}$$

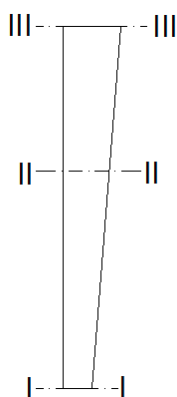
- Průměrný průřez pro určení kritické délky:

$$b_{pr} = 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$h_{pr} = 600 \text{ mm}$$

$$A_{pr} = 0,18 \text{ m}^2$$

### 5.11.2 Vnitřní síly



| Prut | Stav        | dx<br>[mm] | N<br>[kN]     | Vy<br>[kN]   | Vz<br>[kN]    | Mx<br>[kNm]  | My<br>[kNm]   | Mz<br>[kNm]  |
|------|-------------|------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| B40  | ÚNOSNOST/1  | 5000       | <b>-63,23</b> | 0            | 13,07         | 0            | 1,26          | 0            |
| B17  | ÚNOSNOST/6  | 0          | <b>-0,74</b>  | -1,36        | 2,23          | -0,25        | -29,95        | 0,27         |
| B17  | ÚNOSNOST/1  | 0          | -44,53        | <b>-5,22</b> | -13,01        | -0,94        | 56,54         | -0,02        |
| B25  | ÚNOSNOST/1  | 0          | -44,53        | <b>5,29</b>  | 13,01         | <b>-0,95</b> | -56,54        | 0,02         |
| B38  | ÚNOSNOST/1  | 0          | -46,08        | 0            | <b>-13,07</b> | 0            | <b>56,57</b>  | 0            |
| B25  | ÚNOSNOST/17 | 4000,001   | -47,89        | -0,71        | <b>20,05</b>  | 0,01         | -19,08        | 0,71         |
| B15  | ÚNOSNOST/1  | 0          | -44,53        | 5,22         | -13,01        | <b>0,94</b>  | 56,55         | 0,03         |
| B25  | ÚNOSNOST/17 | 0          | -31,71        | 3,33         | 17,4          | -0,6         | <b>-87,63</b> | 0,02         |
| B17  | ÚNOSNOST/1  | 1000       | -45,68        | -5,22        | -13,01        | -0,94        | 43,54         | <b>-5,25</b> |
| B25  | ÚNOSNOST/1  | 1000       | -45,68        | 5,29         | 13,01         | -0,95        | -43,54        | <b>5,31</b>  |

### 5.11.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

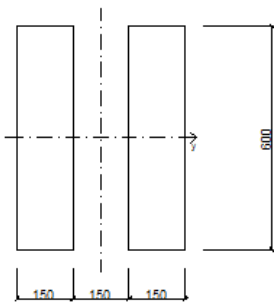
$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

#### 5.11.3.1 Posouzení kolmo k hmotné ose

Výpočet kritické délky:



$$b_{pr} = 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$h_{pr} = 600 \text{ mm}$$

$$A_{pr} = 0,18 \text{ m}^2$$

$$I_{pr} = 0,0054 \text{ m}^4$$

$$I_b = 6,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$L = 10,0 \text{ m}$$

$$l = 5,0 \text{ m}$$

$$h = 7,68 \text{ m}$$

$$L_{cr} = \beta \cdot l = 2,741 \cdot 5 = 13,707 \text{ m}$$

$$\beta = 2 \cdot \sqrt{1 + 0,8 \cdot \kappa} = 2 \cdot \sqrt{1 + 0,8 \cdot 1,098} = 2,741$$

$$\kappa = \frac{I_{pr} \cdot L}{I_b \cdot h} = \frac{0,0054 \cdot 10}{6,4 \cdot 10^{-3} \cdot 7,68} = 1,098$$

$$i_{pr} = \sqrt{\frac{I_{pr}}{A_{pr}}} = \sqrt{\frac{0,0054}{0,18}} = 0,173 \text{ m}$$

$$\lambda_{pr} = \frac{L_{cr}}{i_{pr}} = \frac{13,707}{0,173} = 79,231$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_{pr}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{79,231}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 1,405$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,405 - 0,3) + 1,405^2] = 1,542$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,542 + \sqrt{1,542^2 - 1,405^2}} = 0,459$$

#### 5.11.3.1.1 Prut B25

a) Řez I-I

$$N = -61,68 \text{ kN} \quad M_y = 0 \text{ kNm}$$

$$b_a = 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$h_a = 400 \text{ mm}$$

$$A = 0,12 \text{ m}^2$$

$$I = 0,0016 \text{ m}^4$$

$$W = 0,008 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{61,68 \cdot 10^3}{0,12} = 514,0 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,514 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,514}{0,459 \cdot 17,28} + 0 = 0,065 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

b) Řez II-II

$$N = -53,95 \text{ kN} \quad M_y = 51,92 \text{ kNm}$$

$$b_a = 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$h_a = 640 \text{ mm}$$

$$A = 0,192 \text{ m}^2$$

$$I = 6,554 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$W = 0,0205 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{53,95 \cdot 10^3}{0,192} = 280,990 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,281 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{51,92 \cdot 10^3}{0,0205} = 2,535 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 2,535 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,281}{0,459 \cdot 17,28} + \frac{2,535}{17,28} = 0,182 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

c) Řez III-III

$$N = -44,83 \text{ kN} \quad M_y = 85,21 \text{ kNm}$$

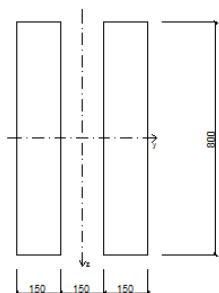
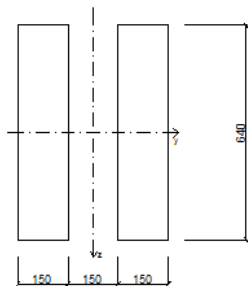
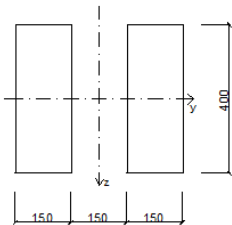
$$b_a = 2 \times 150 \text{ mm}$$

$$h_a = 800 \text{ mm}$$

$$A = 0,24 \text{ m}^2$$

$$I = 0,0208 \text{ m}^4$$

$$W = 0,032 \text{ m}^3$$



$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{44,83 \cdot 10^3}{0,24} = 186,791 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,187 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{85,21 \cdot 10^3}{0,032} = 2,663 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 2,663 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,187}{0,459 \cdot 17,28} + \frac{2,663}{17,28} = 0,178 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.11.3.2 Posouzení kolmo k nehmotné ose

- Prut 25 je nejvíce namáhaný v řezu II-II
- Pro posudek se uvažuje polovina průřezu

$$b = 640 \text{ mm}$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

$$A = 0,096 \text{ m}^2$$

$$I = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$W = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$L_{cr} = 5,0 \text{ m}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^{-4}}{0,096}} = 0,043 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{5,0}{0,043} = 115,470$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{115,470}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 2,048$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (2,048 - 0,3) + 2,048^2] = 2,685$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{2,685 + \sqrt{2,685^2 - 2,048^2}} = 0,226$$

$$N_{1/2} = -24,565 \text{ kN} \quad M_z = 5,31 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{24,565 \cdot 10^3}{0,096} = 255,885 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,256 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{5,31 \cdot 10^3}{2,4 \cdot 10^{-3}} = 2,213 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 2,213 \text{ MPa}$$

$$\frac{0,256}{0,226 \cdot 17,28} + \frac{2,213}{17,28} = 0,194 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.11.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B39, L = 10353mm, kombinace 5
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \sum u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sněh do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sněh}$$

$$u_{inst,G,y} = 0mm \quad u_{inst,G,z} = 0,4mm$$

$$u_{inst,s,y} = -0,1mm \quad u_{inst,s,z} = 0,5mm$$

$$u_{inst,w,y} = -0,1mm \quad u_{inst,w,z} = -0,1mm$$

$$u_{fin,y} = 0 \cdot (1 + 0,6) + (-0,1) \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + (-0,1) \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = -0,15mm$$

$$u_{fin,z} = 0,4 \cdot (1 + 0,6) + 0,5 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + (-0,1) \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = -0,39mm$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{(-0,15)^2 + 0,39^2} = 0,42mm$$

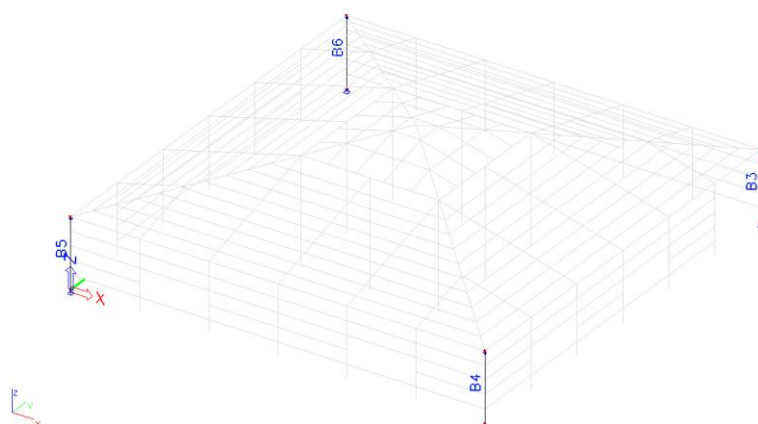
$$u_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{5000}{300} = 16,67mm$$

$$u_{fin} = 0,42mm \leq u_{lim} = 16,67mm$$

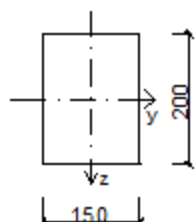
VYHOVUJE

## 5.11 SLOUPY 4

Schéma



### 5.12.1 Průřezové charakteristiky



$$b = 150\text{mm}$$

$$h = 200\text{mm}$$

$$A = 0,03\text{m}^2$$

$$W_y = 0,001\text{m}^3$$

$$W_z = 7,5 \cdot 10^{-4}\text{m}^3$$

$$I_y = 1,0 \cdot 10^{-4}\text{m}^4$$

$$I_z = 5,625 \cdot 10^{-5}\text{m}^4$$

$$I_{tor} = 1,765 \cdot 10^{-4}\text{m}^4$$

### 5.12.2 Vnitřní síly

| Prut | Stav        | dx      | N            | Vy          | Vz           | Mx       | My           | Mz           |
|------|-------------|---------|--------------|-------------|--------------|----------|--------------|--------------|
|      |             | [mm]    | [kN]         | [kN]        | [kN]         | [kNm]    | [kNm]        | [kNm]        |
| B3   | ÚNOSNOST/9  | 0       | <b>-44,6</b> | 0,01        | 0,02         | 0        | 0            | 0            |
| B4   | ÚNOSNOST/10 | 5000    | <b>-4,01</b> | 0,29        | 0,27         | 0        | 0            | 0            |
| B5   | ÚNOSNOST/7  | 4000,00 | -17,97       | <b>-2,8</b> | -0,46        | 0        | 0,89         | 2,8          |
| B6   | ÚNOSNOST/7  | 4000,00 | -17,76       | <b>2,87</b> | -0,43        | 0        | 0,85         | -2,87        |
| B6   | ÚNOSNOST/16 | 5000    | -28,8        | 1,63        | <b>-1,73</b> | 0        | 0            | 0            |
| B4   | ÚNOSNOST/2  | 4000,00 | -30,56       | 1,61        | <b>1,61</b>  | 0        | -1,61        | -1,61        |
| B5   | ÚNOSNOST/8  | 4000,00 | -15,97       | -2,79       | -0,41        | <b>0</b> | 0,84         | 2,79         |
| B6   | ÚNOSNOST/20 | 4000,00 | -15,82       | 2,87        | -0,33        | <b>0</b> | 0,76         | -2,87        |
| B4   | ÚNOSNOST/2  | 4000    | -33,76       | -1,3        | -1,3         | 0        | <b>-1,61</b> | -1,61        |
| B5   | ÚNOSNOST/2  | 4000    | -33,44       | -0,01       | 1,29         | 0        | <b>1,61</b>  | 0            |
| B6   | ÚNOSNOST/7  | 2000,00 | -23,95       | 0,04        | 0,36         | 0        | 0,14         | <b>-4,31</b> |
| B5   | ÚNOSNOST/15 | 3000    | -13,27       | 0,03        | -0,52        | 0        | 0,04         | <b>4,3</b>   |

### 5.12.3 MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

- podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = f_{m,z,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_F} = 0,9 \cdot \frac{24,0}{1,25} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$k_m = 0,7$$

$$L_{cr,y} = 5,00 \text{ m}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{1,0 \cdot 10^{-4}}{0,03}} = 0,058 \text{ m}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{5,0}{0,058} = 86,603$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{86,603}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 1,536$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,536 - 0,3) + 1,536^2] = 1,741$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,741 + \sqrt{1,741^2 - 1,536^2}} = 0,390$$

$$L_{cr,z} = 5,00 \text{ m}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{5,625 \cdot 10^{-5}}{0,03}} = 0,043 \text{ m}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5}{0,043} = 115,470$$

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{115,470}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24,0}{7,73 \cdot 10}} = 2,048$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$$

$$= 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (2,048 - 0,3) + 2,048^2] = 2,684$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{2,684 + \sqrt{2,684^2 - 2,048^2}} = 0,226$$



#### 5.12.3.1 Prut B3

$N = -44,6\text{kN}$  – posudek na max. tlakovou sílu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{44,6 \cdot 10^3}{0,03} = 1487 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 1,487\text{MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{1,487}{0,390 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,220 \leq 1,0$$

$$\frac{1,487}{0,226 \cdot 17,28} + 0 + 0 = 0,380 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.12.3.2 Prut B4

$N = -33,76\text{kN}$        $M_y = -1,61\text{kNm}$        $M_z = -1,61\text{kNm}$

- posudek na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{33,76 \cdot 10^3}{0,03} = 1125,333 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 1,125\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1,61 \cdot 10^3}{0,001} = 1,61 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 1,61\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{1,61 \cdot 10^3}{7,5 \cdot 10^{-4}} = 2,147 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 2,147\text{MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{1,125}{0,390 \cdot 17,28} + \frac{1,610}{17,28} + 0,7 \cdot \frac{2,147}{17,28} = 0,349 \leq 1,0$$

$$\frac{0,155}{0,226 \cdot 17,28} + 0,7 \cdot \frac{6,660}{17,28} + \frac{6,660}{17,28} = 0,477 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.12.3.3 Prut B6

$N = -23,95\text{kN}$        $M_y = 0\text{kNm}$        $M_z = 4,31\text{kNm}$

- posudek na kombinaci ohybu a osového tlaku

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{23,95 \cdot 10^3}{0,03} = 798,333 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,798\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 0\text{MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{4,31 \cdot 10^3}{7,5 \cdot 10^{-4}} = 5,747 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 5,747\text{MPa}$$

- posouzení:

$$\frac{0,798}{0,390 \cdot 17,28} + \frac{5,747}{17,28} + 0 = 0,351 \leq 1,0$$

$$\frac{0,798}{0,226 \cdot 17,28} + 0,7 \cdot \frac{5,747}{17,28} + 0 = 0,537 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Posouzení stability

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,d} = 5,747 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,d} = 0,798 \text{ MPa}$$

$$f_{m,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 17,28 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{133,983}} = 0,423$$

$$\text{pro } \lambda_{rel,m} < 0,75 \quad k_{crit} = 1,0$$

$$\begin{aligned} \sigma_{m,crit} &= \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y} \\ &= \frac{\pi \sqrt{7730 \cdot 5,625 \cdot 10^{-5} \cdot 480 \cdot 1,765 \cdot 10^{-4}}}{4,5 \cdot 0,001} = 133,983 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$E_{0,05} = \frac{2}{3} E_{0,mean} = \frac{2}{3} \cdot 11,6 = 7,73 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$G_{0,05} = \frac{2}{3} G_{mean} = \frac{2}{3} \cdot 0,72 = 0,48 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$I_z = 5,625 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_{tor} = 1,765 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$l_{ef} = 0,9 \cdot l = 0,9 \cdot 5 = 4,5 \text{ m}$$

$$W_y = 0,001 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} k &= 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel,m} - 0,3) + \lambda_{rel,m}^2] \\ &= 0,5 \cdot [1 + 0,1(0,423 - 0,3) + 0,423] = 0,596 \end{aligned}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,596 + \sqrt{0,596^2 - 0,423^2}} = 0,985$$

$$\left( \frac{5,747}{1,0 \cdot 17,28} \right)^2 + \frac{0,798}{0,985 \cdot 17,28} = 0,157 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

5.12.3.4 Prut B6

$V_z = -2,87 \text{ kN}$  – posudek na max. posouvající sílu (smyk)

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{2,87 \cdot 10^3}{0,03} = 143,5 \cdot 10^3 \text{ Pa} = 0,144 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0,144}{2,52} = 0,057 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 5.12.4 MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

- prut B6, L = 5000mm, kombinace 7
- posudek v místě max. průhybu
- podmínka posouzení:

$$u_{fin} \leq u_{lim}$$

$$u_{fin,lim} = \left( \frac{L}{150} \div \frac{L}{300} \right)$$

- s vlivem dotvarování:

$$u_{fin} = u_{inst,G}(1 + k_{def}) + u_{inst,Q,1}(1 + \psi_{2,1}k_{def}) + \Sigma u_{inst,Q,i}(\psi_{0,i} + \psi_{2,i}k_{def})$$

$$k_{def} = 0,6$$

$$\psi_{0,s} = 0,5 \quad \text{pro sních do 1000m.n.m.}$$

$$\psi_{0,w} = 0,6 \quad \text{pro vítr}$$

$$\psi_2 = 0,0 \quad \text{pro vítr i sních}$$

$$u_{inst,G,y} = 0mm \quad u_{inst,G,z} = -0,2mm$$

$$u_{inst,s,y} = 0mm \quad u_{inst,s,z} = -0,2mm$$

$$u_{inst,w,y} = 11,2mm \quad u_{inst,w,z} = 0,1mm$$

$$u_{fin,y} = 0 \cdot (1 + 0,6) + 0 \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + 11,2 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 11,2mm$$

$$u_{fin,z} = (-0,2) \cdot (1 + 0,6) + (-0,2) \cdot (0,5 + 0 \cdot 0,6) + 0,1 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = -0,32mm$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{fin,y}^2 + u_{fin,z}^2} = \sqrt{11,2^2 + (-0,32)^2} = 11,20mm$$

$$u_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{5000}{250} = 20,00mm$$

$$u_{fin} = 11,20mm \leq u_{lim} = 20,00mm$$

VYHOVUJE

## 6 NÁVRH SPOJŮ

### 6.1 Rámový roh

#### 6.1.1 Návrh kolíkového spoje $d=24\text{mm}$

- vnitřní síly:

příčel:  $M_d = -93,33\text{kNm}$   $V_{d,p} = -37,7\text{kN}$   $N_{d,p} = -28,8\text{kN}$

stojka:  $M_d = 90,13\text{kNm}$   $V_{d,s} = 17,4\text{kN}$   $N_{d,s} = -44,53\text{kN}$

- určení poloměrů

$$r_1 \leq 0,5 \cdot h - 4 \cdot d = 0,5 \cdot 750 - 4 \cdot 24 = 249\text{mm}$$

$$r_1 = 240\text{mm}$$

$$r_2 \leq r_1 - 5d = 240 - 5 \cdot 24 = 120\text{mm}$$

- maximální počet kolíků

$$n_1 \leq \frac{2\pi r_1}{6d} = \frac{2\pi \cdot 240}{6 \cdot 24} = 10,5 \rightarrow \text{návrh } 10\text{ks}$$

$$n_2 \leq \frac{2\pi r_2}{6d} = \frac{2\pi \cdot 120}{6 \cdot 24} = 5,3 \rightarrow \text{návrh } 5\text{ks}$$

Doporučení na každý cca 5. kolík připadá 1 přesný svorník:  
celkem 3ks přesných svorníků

#### 6.1.2 Zatížení kolíků

- od momentu ve stojce a příčli

$$F_M = M_d \frac{r_1}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2} = 93,33 \cdot 10^6 \frac{240}{10 \cdot 240^2 + 5 \cdot 120^2} = 34,567 \cdot 10^3\text{N}$$

- od posouvající a normálové síly – stojka

$$F_{V,s} = \frac{V_{d,s}}{n_1 + n_2} = \frac{17,4 \cdot 10^3}{10 + 5} = 1,160 \cdot 10^3\text{N}$$

$$F_{N,s} = \frac{N_{d,s}}{n_1 + n_2} = \frac{44,53 \cdot 10^3}{10 + 5} = 2,969 \cdot 10^3\text{N}$$

- od posouvající a normálové síly – příčel

$$F_{V,p} = \frac{V_{d,p}}{n_1 + n_2} = \frac{37,7 \cdot 10^3}{10 + 5} = 2,513 \cdot 10^3\text{N}$$

$$F_{N,p} = \frac{N_{d,p}}{n_1 + n_2} = \frac{27,8 \cdot 10^3}{10 + 5} = 1,853 \cdot 10^3\text{N}$$

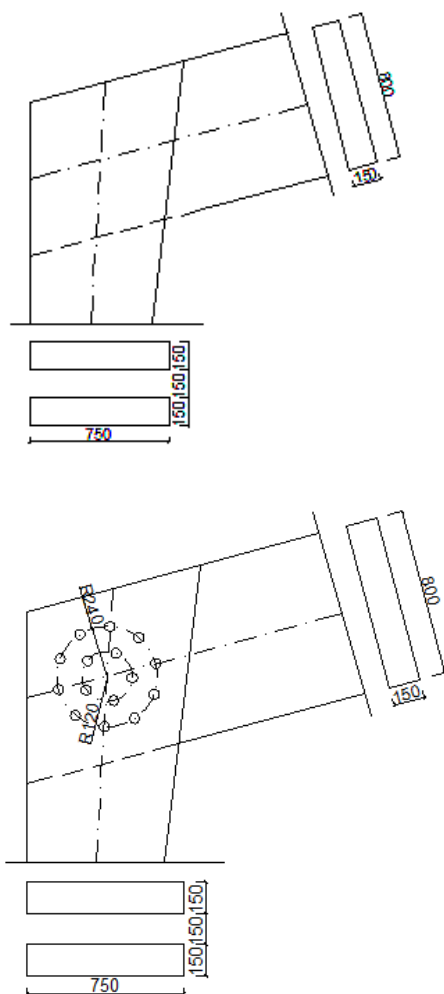
- celkové zatížení kolíku v ose stojky a příčle

$$F_{d,s} = \sqrt{(F_M + F_{V,s})^2 + F_{N,s}^2} = \sqrt{(34,567 \cdot 10^3 + 1,160 \cdot 10^3)^2 + (2,969 \cdot 10^3)^2} = 35,850 \cdot 10^3\text{N}$$

$$F_{d,p} = \sqrt{(F_M + F_{V,p})^2 + F_{N,p}^2} = \sqrt{(34,567 \cdot 10^3 + 2,513 \cdot 10^3)^2 + (1,853 \cdot 10^3)^2} = 37,126 \cdot 10^3\text{N}$$

- smyková síla působící na stojku a příčli v místě kolíkového spoje

$$V_M = \left( \frac{M_d}{\pi} \frac{n_1 r_1 + n_2 r_2}{n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2} \right) = \left( \frac{93,33 \cdot 10^6}{\pi} \frac{10 \cdot 240 + 5 \cdot 120}{10 \cdot 240^2 + 5 \cdot 120^2} \right) = 137,536 \cdot 10^3\text{N}$$



$$F_{V,d,s} = V_M - \frac{V_{d,s}}{2} = 137,536 \cdot 10^3 - \frac{17,4 \cdot 10^3}{2} = 120,136 \cdot 10^3 N$$

$$F_{V,d,p} = V_M - \frac{V_{d,p}}{2} = 137,536 \cdot 10^3 - \frac{37,7 \cdot 10^3}{2} = 99,836 \cdot 10^3 N$$

### 6.1.2 Únosnost kolíků

- charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku rovnoběžně s vlákny

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 380 = 23,682 MPa$$

a) únosnost kolíku v ose rámové stojky

- úhel mezi zatížením a vlákny

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{F_M + F_{V,s}}{F_{N,s}}\right) = \arctg\left(\frac{34,567 \cdot 10^3 + 1,160 \cdot 10^3}{2,969 \cdot 10^3}\right) = 85,25^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha - \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1\right) = 15 - \left(\frac{\pi}{2} - 85,25\right) = 10,25^\circ$$

- charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 24 = 1,71$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{23,682}{1,71 \sin^2 85,25 + \cos^2 85,25} = 13,889 MPa$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2} = \frac{23,682}{1,71 \sin^2 10,25 + \cos^2 10,25} = 23,161 MPa$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{23,161}{13,889} = 1,668$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 24^{2,6} = 465,279 \cdot 10^3$$

- únosnost 1 střihu kolíku (navržen dvojstřížný spoj)

$$t_1 = t_2 = 150 mm$$

$$F_{V,Rk,s}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d} \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \left[ \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \left[ \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk,s}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} \begin{array}{l} 13,889 \cdot 150 \cdot 24 = \mathbf{50 \cdot 10^3 N} \\ 0,5 \cdot 23,161 \cdot 150 \cdot 24 = \mathbf{42,5 \cdot 10^3 N} \\ 1,05 \cdot \frac{50 \cdot 10^3}{2 + 1,668} \cdot \\ \left[ \sqrt{2 \cdot 1,668 \cdot (1 + 1,668) + \frac{4 \cdot 1,668(2 + 1,668) \cdot 465,279 \cdot 10^3}{13,889 \cdot 150^2 \cdot 24}} - 1,668 \right] \\ + \left[ \frac{0}{4} \right] = \mathbf{18,827 \cdot 10^3 N} \end{array} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,668}{1 + 1,668}} \cdot \sqrt{2 \cdot 465,279 \cdot 10^3 \cdot 13,889 \cdot 24} + 0 = \mathbf{26,648 \cdot 10^3 N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk,s} = \mathbf{18,827 \cdot 10^3 N}$$

b) únosnost kolíku v ose rámové příčle

- úhel mezi zatížením a vlákny

$$\alpha_1 = \arctg \left( \frac{F_M + F_{V,p}}{F_{N,p}} \right) = \arctg \left( \frac{34,567 \cdot 10^3 + 2,513 \cdot 10^3}{1,853 \cdot 10^3} \right) = 87,14^\circ$$

$$\alpha_2 = \alpha - \left( \frac{\pi}{2} - \alpha_1 \right) = 15 - \left( \frac{\pi}{2} - 87,14 \right) = 12,14^\circ$$

- charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 24 = 1,71$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{23,682}{1,71 \sin^2 87,14 + \cos^2 87,14} = 13,863 \text{ MPa}$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2} = \frac{23,682}{1,71 \sin^2 12,14 + \cos^2 12,14} = 22,961 \text{ MPa}$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = \frac{22,961}{13,863} = 1,656$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 24^{2,6} = 465,279 \cdot 10^3$$

- únosnost 1 stříhu kolíku (navržen dvojstřížný spoj)

$$t_1 = t_2 = 150 \text{ mm}$$

$$F_{V,Rk,s}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[ \sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - \beta \right] + \left[ \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] \end{array} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \left[ \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk,s} = \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 13,863 \cdot 150 \cdot 24 = \mathbf{49,91 \cdot 10^3 N} \\ 0,5 \cdot 22,961 \cdot 150 \cdot 24 = \mathbf{41,33 \cdot 10^3 N} \\ 1,05 \cdot \frac{49,91 \cdot 10^3}{2 + 1,656} \cdot \\ \left[ \sqrt{2 \cdot 1,656 \cdot (1 + 1,656) + \frac{4 \cdot 1,656(2 + 1,656) \cdot 465,279 \cdot 10^3}{13,863 \cdot 150^2 \cdot 24}} - 1,656 \right] \\ + \left[ \frac{0}{4} \right] = \mathbf{22,27 \cdot 10^3 N} \\ 1,15 \sqrt{\frac{2 \cdot 1,656}{1 + 1,656}} \cdot \sqrt{2 \cdot 465,279 \cdot 10^3 \cdot 13,863 \cdot 24} + 0 = \mathbf{22,60 \cdot 10^3 N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk,s} = \mathbf{22,27 \cdot 10^3 N}$$

### 6.1.3 Posouzení

- únosnost spoje stojky a příčle

- stojka:

$$\frac{F_{d,s}}{2 \cdot F_{V,Rd,s}} = \frac{35,850 \cdot 10^3}{2 \cdot 18,827 \cdot 10^3} = 0,952 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- příčel:

$$\frac{F_{d,p}}{2 \cdot F_{V,Rd,p}} = \frac{37,126 \cdot 10^3}{2 \cdot 22,27 \cdot 10^3} = 0,834 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- posouzení smykového napětí

$$f_{V,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{V,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{3,5}{1,25} = 2,52 MPa$$

- stojka:

$$\tau_{V,s} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F_{V,d,s}}{b \cdot h} = \frac{3 \cdot 120,136 \cdot 10^3}{2 \cdot 300 \cdot 750} = 0,800 MPa$$

$$\frac{\tau_{V,s}}{f_{V,d}} = \frac{0,800}{2,52} = 0,318 \leq 1,0$$

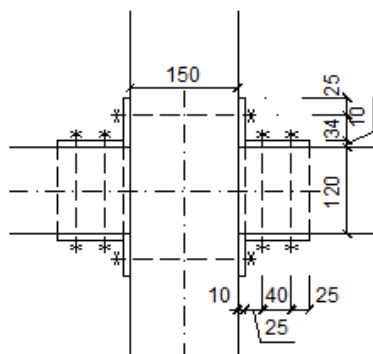
VYHOVUJE

- příčel:

$$\tau_{V,p} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F_{V,d,p}}{b \cdot h} = \frac{3 \cdot 99,836 \cdot 10^3}{2 \cdot 150 \cdot 800} = 1,248 MPa$$

$$\frac{\tau_{V,s}}{f_{V,d}} = \frac{1,248}{2,52} = 0,495 \leq 1,0$$

VYHOVUJE



## 6.2 Vaznice – příčel

- Návrh: svorník  $\varnothing 12\text{mm}$

- Plech P10 S235

- Působící síly

$$\text{Vaznice: } V_{d,va}=4,13\text{kkN } N_{d,v}=-38,0\text{kkN}$$

$$\text{Příčel: } V_{d,p}=37,66\text{kN}$$

- Výsledná síla ve vazici

$$V_{d,v} = \sqrt{V_{d,va}^2 + N_{d,v}^2} = \sqrt{4,13^2 + 38,0^2} = 38,23\text{kN}$$

- Úhel mezi zatížením a vlákny

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{V_{d,v}}{N_{d,v}}\right) = \arctg\left(\frac{4,13}{38,0}\right) = 6,2^\circ$$

- charakteristická pevnost v otlačení dřevěného prvku rovnoběžně s vlákny

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 14) \cdot 380 \\ = 27,421\text{ MPa}$$

- charakteristická pevnost v otlačení dřevěného prvku

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$$

$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90}\sin^2\alpha_1 + \cos^2\alpha_1} = \frac{27,421}{1,53\sin^2 6,2 + \cos^2 6,2} = 27,25\text{MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90}\sin^2\alpha_1 + \cos^2\alpha_1} = \frac{27,421}{1,53\sin^2 90 + \cos^2 90} = 17,92\text{MPa}$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 12^{2,6} = 76,745 \cdot 10^3\text{N/mm}$$

- zatřídění oceli:

$$t = 10\text{mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 12 = 6\text{mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$$

### 6.2.1 připojení vaznice

-  $V_{d,v} = 38,23\text{kN}$

- Návrh: svorník  $4 \times \varnothing 12\text{mm}$

- Plech P10 S235

- charakteristická únosnost 1 střihu svorníku

$$t_2 = 120\text{mm}$$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d + \left[ \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right]}} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 27,25 \cdot 120 \cdot 12 = 24,53 \cdot 10^3\text{N}}{2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 27,25 \cdot 12 + 0} = 11,52 \cdot 10^3\text{N}} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 11,52 \cdot 10^3\text{N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{11,52}{1,3} = 7,98 \cdot 10^3\text{N}$$

$$\frac{V_{d,v}}{2 \cdot 4 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{38,23 \cdot 10^3}{63,84 \cdot 10^3} = 0,60$$

VYHOVUJE



### 6.2.2 připojení příčle

- $V_{d,p}=37,66\text{kN}$
- Návrh: svorník  $4 \times \varnothing 12\text{mm}$
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku

$$t_2 = 150\text{mm}$$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot f_{h,90,k} \cdot t_2 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,90,k} \cdot d} + \left[ \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right]} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 17,92 \cdot 150 \cdot 12 = 16,13 \cdot 10^3 \text{N}}{2,3 \cdot \sqrt{74,745 \cdot 10^3 \cdot 17,92 \cdot 12} + 0 = 9,34 \cdot 10^3 \text{N}} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 9,34 \cdot 10^3 \text{N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{9,34}{1,3} = 6,47 \cdot 10^3 \text{N}$$

$$\frac{V_{d,p}}{2 \cdot 4 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{37,66 \cdot 10^3}{51,76 \cdot 10^3} = 0,73$$

VYHOVUJE

- Minimální vzdálenosti spojovacích prostředků:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 5 \cdot 12 = 60\text{mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 12 = 48\text{mm}$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 12 = 84\text{mm}$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [1 \cdot 12; 4 \cdot 12] = 48\text{mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [2 \cdot 12; 3 \cdot 12] = 36\text{mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36\text{mm}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 4 \cdot 12 = 48\text{mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 12 = 48\text{mm}$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 12 = 84\text{mm}$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [7 \cdot 12; 4 \cdot 12] = 84\text{mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [4 \cdot 12; 3 \cdot 12] = 48\text{mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36\text{mm}$$

### 6.3 Vaznice – krok 2

- Návrh: svorník  $\varnothing 12\text{mm}$
- Plech P10 S235
- Působící síly

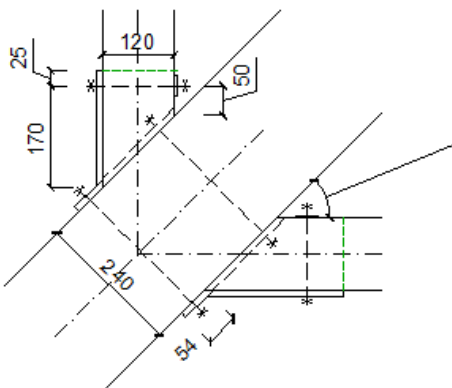
$$\text{Vaznice: } V_{d,va}=3,95\text{kN } N_{d,v}=-38,0\text{kN}$$

$$\text{Krokov: } V_{d,k}=27,18\text{kN}$$

- Výsledná síla ve vazici

$$V_{d,v} = \sqrt{V_{d,va}^2 + N_{d,v}^2} = \sqrt{3,95^2 + 38,0^2} = 38,20\text{kN}$$

- Úhel mezi zatížením a vlákny



$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{V_{d,v}}{N_{d,v}}\right) = \arctg\left(\frac{3,95}{38,0}\right) = 6^\circ$$

- charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku rovnoběžně s vlákny

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 14) \cdot 380 \\ = 27,421 \text{ MPa}$$

- charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{27,421}{1,53 \sin^2 6 + \cos^2 6} = 27,26 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{27,421}{1,53 \sin^2 6 + \cos^2 6} = 17,92 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 12^{2,6} = 76,745 \cdot 10^3 \text{ N/mm}$$

- zatřídění oceli:

$$t = 12 \text{ mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 12 = 6 \text{ mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$$

### 6.3.1 přípojení vaznice

- $V_{ed}=3,95 \text{ kN}$
- Návrh: svorník  $3 \times \varnothing 12 \text{ mm}$
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku

$$t_2 = 120 \text{ mm}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}} \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{27,26 \cdot 120 \cdot 12 = 39,25 \cdot 10^3 \text{ N}}{2,3 \cdot \sqrt{76745 \cdot 27,26 \cdot 12} = 11,52 \cdot 10^3 \text{ N}} \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 76745}{27,26 \cdot 12 \cdot 120^2}} - 1 \right] = 16,71 \cdot 10^3 \text{ N} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 11,52 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{11,52}{1,3} = 7,98 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{d,v}}{2 \cdot 3 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{38,20 \cdot 10^3}{47,88 \cdot 10^3} = 0,80$$

VYHOVUJE

- podložky pod svorníky:  $d_p = \min 3d = 36$   
 $t_{\min} = 0,3d = 3,6 \text{ mm}$

### 6.3.2 připojení na krokev

- $V_{d,k}=27,18\text{kN}$
- Návrh: svorník  $3 \times \varnothing 12\text{mm}$
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku

$$t_2 = 240\text{mm}$$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,2,k} \cdot d} + \left[ \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right]} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 17,92 \cdot 240 \cdot 12 = 25,80 \cdot 10^3 \text{N}}{2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 17,92 \cdot 12} + 0 = 9,34 \cdot 10^3 \text{N}} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 11,52 \cdot 10^3 \text{N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{9,34}{1,3} = 6,47 \cdot 10^3 \text{N}$$

$$\frac{V_{d,k}}{2 \cdot 3 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{27,18 \cdot 10^3}{38,82 \cdot 10^3} = 0,70$$

VYHOVUJE

- Minimální vzdálenosti spojovacích prostředků:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 5 \cdot 12 = 60\text{mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 12 = 48\text{mm}$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 12 = 84\text{mm}$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [1 \cdot 12; 4 \cdot 12] = 48\text{mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [2 \cdot 12; 3 \cdot 12] = 36\text{mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36\text{mm}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 4 \cdot 12 = 48\text{mm}$$

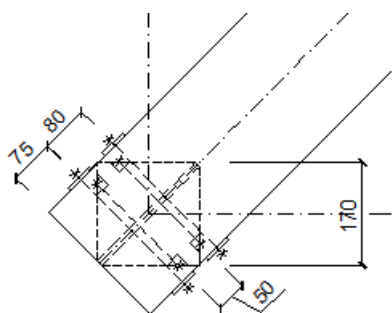
$$a_2 = 4d = 4 \cdot 12 = 48\text{mm}$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 12 = 84\text{mm}$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [7 \cdot 12; 4 \cdot 12] = 84\text{mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [4 \cdot 12; 3 \cdot 12] = 48\text{mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36\text{mm}$$



### 6.4 Sloup 4 – krokev 2

- Návrh: svorník  $\varnothing 16\text{mm}$
- Plech P12 S235
- Pro spoj byl zvětšen průřez sloupu na  $170 \times 170\text{mm}$
- Působící síly
 

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| sloup:  | $V_{d,s}=2,79\text{kN}$  |
| Krokev: | $V_{d,k}=60,44\text{kN}$ |
- charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku
 
$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,59$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 380 \\ = 26,174 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,90,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{26,174}{1,59 \sin^2 90 + \cos^2 90} = 16,46 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 16^{2,6} = 162,14 \cdot 10^3$$

- zatřídění oceli:

$$t = 10 \text{ mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 16 = 8 \text{ mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \end{array} \right.$$

#### 6.4.1 krokev

- $F_{v,k} = 60,44 \text{ kN}$
- Návrh: svorník  $4 \times 16 \text{ mm}$
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_1 = 115 \text{ mm}$$

$$f_{h,0,k} = 26,174 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 26,174 \cdot 115 \cdot 16 = 31,85 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 31,85 \cdot 10^3 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 162,14 \cdot 10^3}{26,174 \cdot 16 \cdot 115^2}} - 1 \right] = 15,12 \cdot 10^3 \\ 2,3 \cdot \sqrt{162,14 \cdot 10^3 \cdot 26,174 \cdot 16} = 18,95 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right.$$

$$F_{V,Rk} = 15,12 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{15,12}{1,3} = 10,468 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{d,k}}{2 \cdot 4 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{60,44 \cdot 10^3}{36,06 \cdot 10^3} = 0,72$$

VYHOVUJE

#### 6.4.2 SLOUP

- $F_{v,k} = 2,79 \text{ kN}$
- Návrh: svorník  $2 \times 16 \text{ mm}$
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_1 = 94 \text{ mm}$$

$$f_{h,0,k} = 16,46 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 16,46 \cdot 94 \cdot 16 = 24,76 \cdot 10^3 N \\ 24,76 \cdot 10^3 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 162,14 \cdot 10^3}{16,46 \cdot 16 \cdot 94^2}} - 1 \right] = 12,61 \cdot 10^3 \\ 2,3 \cdot \sqrt{162,14 \cdot 10^3 \cdot 16,46 \cdot 16} = 15,03 \cdot 10^3 N \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 12,61 \cdot 10^3 N$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{12,61 \cdot 10^3}{1,3} = 8,73 \cdot 10^3 N$$

$$\frac{V_{d,s}}{2 \cdot 2 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{2,79 \cdot 10^3}{34,92 \cdot 10^3} = 0,09$$

VYHOVUJE

$$\alpha = 0^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 5 \cdot 16 = 80mm$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 16 = 64mm$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 16 = 112mm$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [1 \cdot 16; 4 \cdot 16] = 64mm$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [2 \cdot 16; 3 \cdot 16] = 48mm$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48mm$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 4 \cdot 16 = 48mm$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 16 = 48mm$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 16 = 84mm$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [7 \cdot 16; 4 \cdot 16] = 84mm$$

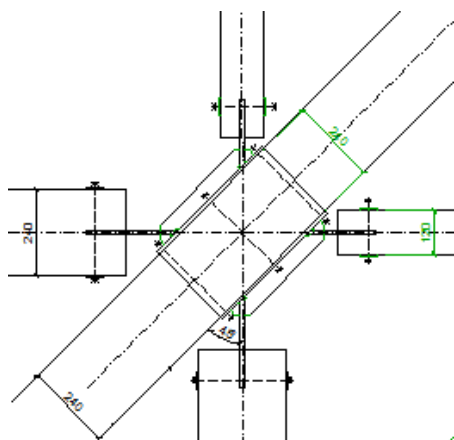
$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [4 \cdot 16; 3 \cdot 16] = 48mm$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 36mm$$

### 6.5 krok 1 – krok 2 - vaznice

- Návrh: svorníky  $\varnothing 12mm$
- Plech P12 S235
- Pro spoj byl zvětšen průřez sloupu na 170x170mm
- Působící síly
 

|          |                     |                     |
|----------|---------------------|---------------------|
| vaznice: | $V_{d,va} = 3,24kN$ | $N_{d,va} = 33,1kN$ |
| krok 1:  | $V_{d,k1} = 6,86kN$ |                     |
| krok 2:  | $V_{d,k2} = 9,77kN$ |                     |
- Výsledná síla ve vazici
 
$$V_{d,v} = \sqrt{V_{d,va}^2 + N_{d,va}^2} = \sqrt{3,24^2 + 33,1^2} = 33,26kN$$
- Úhel mezi zatížením a vlákny
 
$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{V_{d,va}}{N_{d,va}}\right) = \arctg\left(\frac{3,24}{33,1}\right) = 5,6^\circ$$
- charakteristická pevnost v otlacení dřevěného prvku
 
$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$$



$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380$$

$$= 27,421 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{27,421}{1,53 \sin^2 90 + \cos^2 90} = 17,92 \text{ MPa}$$

$$f_{h,5,6,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{27,421}{1,53 \sin^2 5,6 + \cos^2 5,6}$$

$$= 27,28 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti  
 $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 12^{2,6} = 76,745 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$
- zatřídění oceli:  
 $t = 12 \text{ mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 12 = 6 \text{ mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \end{array} \right\}$$

#### 6.5.1 vaznice

- $F_{v,d} = 33,26 \text{ kN}$
- Návrh: svorník  $4 \times \varnothing 12 \text{ mm}$
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_1 = 55 \text{ mm}$$

$$f_{h,5,6,k} = 27,28 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 27,28 \cdot 55 \cdot 12 = 18,04 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 27,28 \cdot 55 \cdot 12 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 76,745 \cdot 10^3}{27,28 \cdot 55^2 \cdot 12}} - 1 \right] = 7,46 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 27,28 \cdot 12} = 11,53 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 7,46 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{7,46 \cdot 10^3}{1,3} = 5,16 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{d,v}}{2 \cdot 4 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{33,26 \cdot 10^3}{41,28 \cdot 10^3} = 0,09$$

VYHOVUJE

#### 6.5.2 krokev 1

- $F_{d,k4} = 9,77 \text{ kN}$
- Návrh: svorník  $2 \times \varnothing 12 \text{ mm}$
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih  
 $t_1 = 55 \text{ mm}$

$$f_{h,90,k} = 17,92 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 17,92 \cdot 115 \cdot 12 = 24,73 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 17,92 \cdot 115 \cdot 12 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 76,745 \cdot 10^3}{17,92 \cdot 115^2 \cdot 12}} - 1 \right] = 10,24 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 17,92 \cdot 12} = 9,34 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 9,34 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{9,34 \cdot 10^3}{1,3} = 6,47 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{d,k1}}{2 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{6,86 \cdot 10^3}{12,94 \cdot 10^3} = 0,53$$

VYHOVUJE

- spoj vyhoví na 1 svorník, z konstrukčních důvodů jsou navrženy 2 svorníky

#### 6.5.3 krok 2

- $F_{d,k1} = 6,86 \text{ kN}$
- Návrh: svorník  $2 \times 12 \text{ mm}$
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_2 = 240 \text{ mm}$$

$$f_{h,90,k} = 17,92 \text{ MPa}$$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,90,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,90,k} \cdot d + \left[ \frac{F_{ax,Rk}}{4} \right]} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot 17,92 \cdot 240 \cdot 12 = 25,80 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 17,92 \cdot 12 + 0} = 9,34 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 9,34 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{9,34}{1,3} = 6,47 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{d,k2}}{2 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{6,68 \cdot 10^3}{12,94 \cdot 10^3} = 0,52$$

VYHOVUJE

- spoj vyhoví na 1 svorník, z konstrukčních důvodů jsou navrženy 4 svorníky

$$\alpha = 0^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha) d = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 12 = 48 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 12 = 84 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha) d; 4d] = [1 \cdot 12; 4 \cdot 12] = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha) d; 3d] = [2 \cdot 12; 3 \cdot 12] = 36 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 4 \cdot 12 = 48 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 12 = 48 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 12 = 84 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [7 \cdot 12; 4 \cdot 12] = 84 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [4 \cdot 12; 3 \cdot 12] = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 12 = 36 \text{ mm}$$

## 6.6 krok 2 – příčel – vaznice – sloup 1

- Návrh: svorníky  $\varnothing 10 \text{ mm}$
- Plech P12 S235
- Pro spoj byl zvětšen průřez sloupu na  $170 \times 170 \text{ mm}$
- Působící síly

$$\begin{array}{lll} \text{krok 2:} & V_{d,k2} = 28,23 \text{ kN} & N_{d,k2} = 60,55 \text{ kN} \\ & & M_{d,k2} = 58,23 \text{ kN} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{příčel:} & V_{d,p} = 3,33 \text{ kN} & N_{d,p} = 14,17 \text{ kN} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{vaznice:} & V_{d,v} = 3,20 \text{ kN} & N_{d,v} = 76,98 \text{ kN} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{sloup 1:} & V_{d,s} = 0 \text{ kN} & \end{array}$$

- Výsledná síla v kroku 2 – určeno graficky

$$F_{d,k2} = 109,15 \text{ kN}$$

$$\alpha_{k2} = 2^\circ$$

- Výsledná síla v příčeli

$$F_{d,p} = \sqrt{V_{d,p}^2 + N_{d,p}^2} = \sqrt{3,33^2 + 14,17^2} = 14,56 \text{ kN}$$

$$\alpha_p = \arctg\left(\frac{V_{d,p}}{N_{d,p}}\right) = \arctg\left(\frac{3,33}{14,17}\right) = 13,2^\circ$$

- Výsledná síla ve vaznici

$$F_{d,v} = \sqrt{V_{d,v}^2 + N_{d,v}^2} = \sqrt{3,20^2 + 76,98^2} = 77,05 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = \arctg\left(\frac{V_{d,v}}{N_{d,v}}\right) = \arctg\left(\frac{3,20}{76,98}\right) = 2,4^\circ$$

- charakteristická pevnost v otlacení dřevěného prvku

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 10 = 1,5$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 10) \cdot 380 = 28,044 \text{ MPa}$$

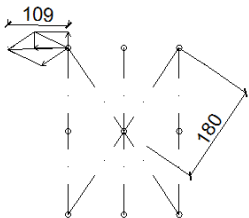
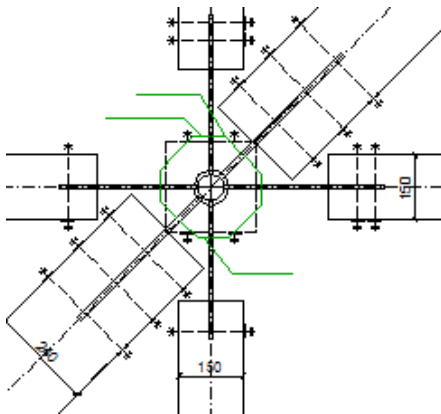
$$f_{h,2,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_{k2} + \cos^2 \alpha_{k2}} = \frac{28,044}{1,5 \sin^2 2 + \cos^2 2} = 28,03 \text{ MPa}$$

$$f_{h,13,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_p + \cos^2 \alpha_p} = \frac{28,044}{1,5 \sin^2 13,2 + \cos^2 13,2} = 27,33 \text{ MPa}$$

$$f_{h,2,4,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_v + \cos^2 \alpha_v} = \frac{28,044}{1,5 \sin^2 2,4 + \cos^2 2,4} = 28,02 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 10^{2,6} = 47,773 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$





- zatřídění oceli:

$$t = 10\text{mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 10 = 5\text{mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$$

- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d}} \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \end{array} \right\}$$

#### 6.6.1 krok 2

- $F_{d,k2} = 109,15\text{kN}$
- Návrh: svorník 9x10mm
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_1 = 115\text{mm}$$

$$f_{h,2,k} = 28,03\text{MPa}$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{28,03 \cdot 115 \cdot 10 = 32,23 \cdot 10^3\text{N}}{2,3 \cdot \sqrt{47,773 \cdot 10^3 \cdot 28,03 \cdot 10} = 26,27 \cdot 10^3\text{N}} \\ 28,03 \cdot 115 \cdot 10 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 47,773 \cdot 10^3}{28,03 \cdot 115^2 \cdot 10}} - 1 \right] = 13,36 \cdot 10^3\text{N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 13,36 \cdot 10^3\text{N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{13,36}{1,3} = 9,25 \cdot 10^3\text{N}$$

$$\frac{V_{d,k2}}{2 \cdot 9 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{109,15 \cdot 10^3}{166,5 \cdot 10^3} = 0,66$$

VYHOVUJE

#### 6.6.2 příčel

- $F_{d,p} = 14,56\text{kN}$
- Návrh: svorník 2x10mm
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_1 = 70\text{mm}$$

$$f_{h,13,k} = 27,33\text{MPa}$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{27,33 \cdot 70 \cdot 10 = 19,13 \cdot 10^3\text{N}}{2,3 \cdot \sqrt{47,773 \cdot 10^3 \cdot 27,33 \cdot 10} = 25,94 \cdot 10^3\text{N}} \\ 27,33 \cdot 70 \cdot 10 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 47,773 \cdot 10^3}{27,33 \cdot 70^2 \cdot 10}} - 1 \right] = 7,93 \cdot 10^3\text{N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 7,93 \cdot 10^3\text{N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{7,93}{1,3} = 5,49 \cdot 10^3\text{N}$$

$$\frac{F_{d,p}}{2 \cdot 2 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{14,56 \cdot 10^3}{21,96 \cdot 10^3} = 0,66$$

VYHOVUJE

#### 6.6.3 vaznice

- $F_{d,p} = 77,05 kN$
- Návrh: svorník 8x10mm
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_1 = 70 mm$$

$$f_{h,2,4,k} = 28,02 MPa$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 28,02 \cdot 70 \cdot 10 = 19,61 \cdot 10^3 N \\ 28,02 \cdot 70 \cdot 10 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 47,773 \cdot 10^3}{28,02 \cdot 70^2 \cdot 10}} - 1 \right] = 8,13 \cdot 10^3 N \\ 2,3 \cdot \sqrt{47,773 \cdot 10^3 \cdot 28,02 \cdot 10} = 26,26 \cdot 10^3 N \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 8,13 \cdot 10^3 N$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{8,13}{1,3} = 5,63 \cdot 10^3 N$$

$$\frac{F_{d,v}}{2 \cdot 8 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{77,05 \cdot 10^3}{90,08 \cdot 10^3} = 0,86$$

VYHOVUJE

#### 6.6.4 sloup

- $F_{d,s} = 0 kN$
- Konstrukčně navrženo: svorník 2x10mm
- Plech P10 S235

#### 6.6.5 Koutový svar

- Návrh koutového svaru na kulatině pro všechny přípoje
- Návrh účinné výšky svaru:  $a = 4 mm$
- Nejmenší délka svaru:  $l = 300 mm$

Maximální působící síly:

$$V_d = 28,23 kN \quad N_d = 60,55 kN \quad M_d = 58,23 kN$$

- Průřezové charakteristiky svaru

$$A = a \cdot l = 4 \cdot 300 = 1200 mm^2$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot a \cdot l^2 \cdot 2 = \frac{1}{6} \cdot 24 \cdot 300^2 \cdot 2 = 74 \cdot 10^4 mm^3$$

$$\sigma_N = \frac{N_d}{a \cdot l \cdot 2} = \frac{60,55 \cdot 10^3}{4 \cdot 300 \cdot 2} = 25,23 MPa$$

$$\sigma_V = \tau_{\parallel} = \frac{V_d}{a \cdot l \cdot 2} = \frac{28,23 \cdot 10^3}{4 \cdot 300 \cdot 2} = 11,76 MPa$$

$$\sigma_M = \frac{M_d}{W} = \frac{58,23 \cdot 10^6}{74 \cdot 10^4} = 80,88 MPa$$

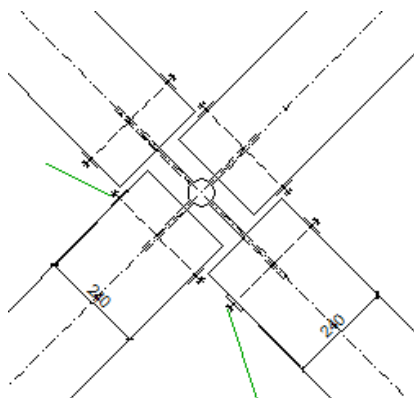
$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_N + \sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{25,23 + 80,88}{\sqrt{2}} = 75,03 MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}}$$

$$\sqrt{75,03^2 + 3 \cdot 75,03^2 + 3 \cdot 11,76^2} = 151,44 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,5}$$

$$= 300 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE



### 6.7 Krokve 2 - vrchol

- Návrh: svorníky  $\varnothing 16 \text{ mm}$

- Plech P12 S235

- Působící síly

krokov 2:  $V_{d,k2} = 8,80 \text{ kN}$   $N_{d,k2} = 55,90 \text{ kN}$

- Výsledná síla v příčli

$$F_{d,k2} = \sqrt{V_{d,k2}^2 + N_{d,k2}^2} = \sqrt{8,80^2 + 55,90^2} = 56,6 \text{ kN}$$

$$\alpha_{k2} = \arctg\left(\frac{V_{d,k2}}{N_{d,k2}}\right) = \arctg\left(\frac{8,80}{55,9}\right) = 9^\circ$$

- charakteristická pevnost v otlacení dřevěného prvku

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,59$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 380$$

$$= 26,174 \text{ MPa}$$

$$f_{h,9,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_{k2} + \cos^2 \alpha_{k2}} = \frac{26,174}{1,59 \sin^2 9^\circ + \cos^2 9^\circ} = 25,81 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 16^{2,6} = 162,14 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

- zatřídění oceli:

$$t = 10 \text{ mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 16 = 8 \text{ mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$$

- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,9,k} \cdot t_1 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,9,k} \cdot d}} \\ f_{h,9,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,9,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \end{array} \right\}$$

$$t_1 = 115 \text{ mm}$$

$$f_{h,9,k} = 25,81 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{25,81 \cdot 115 \cdot 16 = 47,5 \cdot 10^3 \text{ N}}{2,3 \cdot \sqrt{162,14 \cdot 10^3 \cdot 25,81 \cdot 16} = 18,8 \cdot 10^3 \text{ N}} \\ 25,81 \cdot 115 \cdot 16 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 162,14 \cdot 10^3}{25,81 \cdot 115^2 \cdot 16}} - 1 \right] = 19,7 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = 18,8 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{18,8 \cdot 10^3}{1,3} = 13,02 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{d,k2}}{2 \cdot 3 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{56,2 \cdot 10^3}{78,08 \cdot 10^3} = 0,72$$

VYHOVUJE

$$\alpha = 0^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 5 \cdot 16 = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 16 = 112 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [1 \cdot 16; 4 \cdot 16] = 64 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [2 \cdot 16; 3 \cdot 16] = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 4 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 16 = 84 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [7 \cdot 16; 4 \cdot 16] = 84 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [4 \cdot 16; 3 \cdot 16] = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 36 \text{ mm}$$

## 6.8 Příčel – vaznice 2 – sloup 1

- Plech P10 S235

- Působící síly

|            |                              |                              |
|------------|------------------------------|------------------------------|
| příčel:    | $V_{d,p} = 28,83 \text{ kN}$ | $N_{d,p} = 5,66 \text{ kN}$  |
| vaznice 2: | $V_{d,v} = 13,25 \text{ kN}$ | $N_{d,v} = 76,98 \text{ kN}$ |

$$M_{d,v} = 12,01 \text{ kN}$$

|          |                          |                               |
|----------|--------------------------|-------------------------------|
| sloup 1: | $V_{d,s} = 0 \text{ kN}$ | $N_{d,s} = -53,60 \text{ kN}$ |
|----------|--------------------------|-------------------------------|

- Výsledná síla v příčeli:

$$F_{d,p} = \sqrt{V_{d,p}^2 + N_{d,p}^2} = \sqrt{28,83^2 + 5,66^2} = 29,38 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = \arctg\left(\frac{V_{d,s}}{N_{d,s}}\right) = \arctg\left(\frac{28,83}{5,66}\right) = 80^\circ$$

- charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 27,421 \text{ MPa}$$

$$f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{27,421}{1,53 \sin^2 90 + \cos^2 90} = 17,92 \text{ MPa}$$

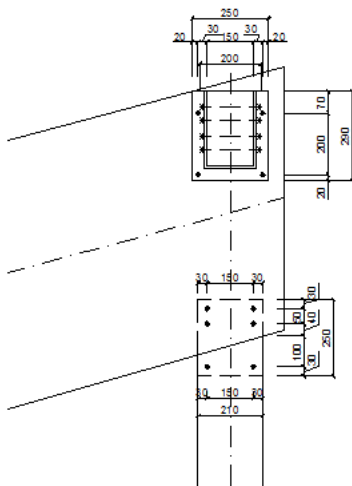
$$f_{h,80,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{27,421}{1,53 \sin^2 80 + \cos^2 80} = 18,11 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 12^{2,6} = 76,745 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

- zatřídění oceli:

$$t = 12 \text{ mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 12 = 6 \text{ mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$$



### 6.8.1 vaznice

- ohybové namáhání  $N_{d,v} = 76,98 \text{ kN}$   $M_{d,v} = 12,01 \text{ kN}$
- smykové namáhání:  $V_{d,v} = 13,25 \text{ kN}$
- Návrh: svorník  $4 \times 12 \text{ mm}$
- Plech P10 S235
- Účinek od moment:

$$F_M = \frac{M_{d,v}}{2 \cdot r} = \frac{12,01}{2 \cdot 140} = 42,892 \text{ kN (pro dvojici svorníků)}$$

$$F_{ed} = F_M + \frac{N_{d,v}}{2} = 42,892 + \frac{79,68}{2} = 82,73 \text{ kN}$$

$$F_{ed1} = \frac{F_{ed}}{2} = \frac{82,73}{2} = 43,87 \text{ kN (jeden svorník)}$$

- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_2 = 150 \text{ mm}$$

$$f_{h,0,k} = 27,421 \text{ MPa - ohybová únosnost}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,0,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,0,k} \cdot d} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot 27,421 \cdot 150 \cdot 12 = 24,68 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 27,421 \cdot 12} = 11,56 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 11,56 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{11,56}{1,3} = 8,00 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{F_{ed1}}{4 \cdot 2 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{43,87 \cdot 10^3}{64,01 \cdot 10^3} = 0,69$$

VYHOVUJE

$$f_{h,90,k} = 17,92 \text{ MPa - smyková únosnost}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot 17,92 \cdot 150 \cdot 12 = 16,13 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 17,92 \cdot 12} = 9,34 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 9,34 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{9,34}{1,3} = 6,47 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{d,v}}{2 \cdot 4 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{13,25 \cdot 10^3}{51,75 \cdot 10^3} = 0,25$$

VYHOVUJE

### 6.8.2 příčel

- $F_{d,p} = 29,38 \text{ kN}$
- Návrh: svorník  $4 \times 12 \text{ mm}$
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_2 = 150 \text{ mm - připojení na vaznici}$$

$$f_{h,80,k} = 18,11 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot f_{h,0,k} \cdot t_2 \cdot d \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,0,k} \cdot d} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot 18,11 \cdot 150 \cdot 12 = 16,3 \cdot 10^3 N \\ 2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 18,11 \cdot 12} = 9,39 \cdot 10^3 N \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 9,39 \cdot 10^3 N$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{9,39}{1,3} = 6,50 \cdot 10^3 N$$

$$\frac{F_{d,p}}{4 \cdot 2 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{29,38 \cdot 10^3}{52,00 \cdot 10^3} = 0,56$$

VYHOVUJE

- připojení na sloup
- návrh: svorník 4x12mm
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden stříh

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,80,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,80,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,80,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,80,k} \cdot d} \end{array} \right\}$$

$$t_1 = 70mm$$

$$f_{h,80,k} = 18,11MPa$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 18,11 \cdot 70 \cdot 12 = 15,30 \cdot 10^3 N \\ 18,11 \cdot 70 \cdot 12 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 76,745 \cdot 10^3}{18,11 \cdot 70^2 \cdot 12}} - 1 \right] = 6,30 \cdot 10^3 N \\ 2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 18,11 \cdot 12} = 9,39 \cdot 10^3 N \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 6,30 \cdot 10^3 N$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{6,30 \cdot 10^3}{1,3} = 4,36 \cdot 10^3 N$$

$$\frac{V_{d,s}}{2 \cdot 4 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{29,39 \cdot 10^3}{34,88 \cdot 10^3} = 0,84$$

VYHOVUJE

### 6.8.3 sloup

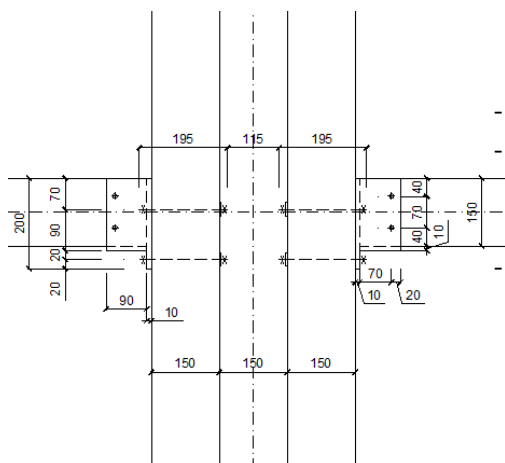
- $V_{ed} = 0kN$
- Návrh: svorník 2x12mm
- Plech P10 S235
- Svorníky navrženy konstrukčně

### 6.9 paždík – sloup 3

- Plech P10 S235
- Působící síly
 

|          |   |
|----------|---|
| paždík:  | $V_{d,p} = 2,22kN$                      |
| sloup 3: | $V_{d,s} = 20,05kN$ $N_{d,s} = 61,01kN$ |
- Výsledná síla ve sloupu

$$F_{d,s} = \sqrt{V_{d,s}^2 + N_{d,s}^2} = \sqrt{20,02^2 + 61,01^2} = 64,22kN$$



$$\alpha_v = \arctg\left(\frac{V_{d,s}}{N_{d,s}}\right) = \arctg\left(\frac{20,05}{61,01}\right) = 18,2^\circ$$

- charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku  
 $k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 10 = 1,5$   
 $f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 10) \cdot 380$   
 $= 28,044 \text{ MPa}$   
 $f_{h,90,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90}\sin^2\alpha_{k2} + \cos^2\alpha_{k2}} = \frac{28,044}{1,5\sin^2 90 + \cos^2 90}$   
 $= 18,70 \text{ MPa}$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,59$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 380$$

$$= 26,174 \text{ MPa}$$

$$f_{h,18,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90}\sin^2\alpha_{k2} + \cos^2\alpha_{k2}} = \frac{26,174}{1,5\sin^2 18,2 + \cos^2 18,2}$$

$$= 24,96 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti  
 $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 10^{2,6} = 47,773 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$   
 $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 16^{2,6} = 162,14 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$
- zatřídění oceli:  
 $t = 10 \text{ mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$

#### 6.9.1 paždík

- $F_{d,p} = 2,22 \text{ kN}$
- Návrh: svorník  $2 \times \varnothing 10 \text{ mm}$
- Plech P10 S235
- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih  
 $t_2 = 160 \text{ mm}$   
 $f_{h,90,k} = 18,70 \text{ MPa}$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ 2,3 \cdot \sqrt{\frac{0,5 \cdot f_{h,90,k} \cdot t_2 \cdot d}{M_{y,Rk} \cdot f_{h,90,k} \cdot d + \left[\frac{F_{ax,Rk}}{4}\right]}} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 \cdot 18,70 \cdot 160 \cdot 10 = 14,96 \cdot 10^3 \text{ N}}{2,3 \cdot \sqrt{47,773 \cdot 10^3 \cdot 18,70 \cdot 10 + 0 = 6,87 \cdot 10^3 \text{ N}}} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 6,87 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{6,87}{1,3} = 4,76 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{d,p}}{2 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{2,22 \cdot 10^3}{9,518 \cdot 10^3} = 0,23$$

VYHOVUJE

- konstrukčně navrženy 2 svorníky

#### 6.9.2 sloup

- $F_{d,s} = 64,2 \text{ kN}$
- Návrh: svorník  $3 \times \varnothing 16 \text{ mm}$
- Plech P10 S235

- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_2 = 150mm$$

$$f_{h,18,k} = 24,96MPa$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{f_{h,18,k} \cdot t_1 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,18,k} \cdot d}}; f_{h,18,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,18,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \right\}$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \frac{24,96 \cdot 150 \cdot 16 = 59,87 \cdot 10^3 N}{2,3 \cdot \sqrt{162,14 \cdot 10^3 \cdot 24,96 \cdot 16} = 18,51 \cdot 10^3 N}; 24,96 \cdot 150 \cdot 16 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 162,14 \cdot 10^3}{24,96 \cdot 150^2 \cdot 16}} - 1 \right] = 24,81 \cdot 10^3 N \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 18,51 \cdot 10^3 N$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{18,51}{1,3} = 12,81 \cdot 10^3 N$$

$$\frac{F_{d,s}}{2 \cdot 3 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{64,22 \cdot 10^3}{76,86 \cdot 10^3} = 0,84$$

VYHOVUJE

$$\alpha = 18,2^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 5 \cdot 16 = 80mm$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 16 = 64mm$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 16 = 112mm$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [1,3 \cdot 16; 4 \cdot 16] = 64mm$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [2,6 \cdot 16; 3 \cdot 16] = 48mm$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 16 = 48mm$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$a_1 = (4 + \cos \alpha)d = 4 \cdot 10 = 40mm$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 10 = 40mm$$

$$a_{3,t} = \max[7d; 80] = 7 \cdot 10 = 70mm$$

$$a_{3,c} = \max[(1 + 6 \sin \alpha)d; 4d] = [7 \cdot 10; 4 \cdot 10] = 70mm$$

$$a_{4,t} = \max[(2 + 2 \sin \alpha)d; 3d] = [4 \cdot 10; 3 \cdot 10] = 40mm$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 10 = 30mm$$



## 7 KOTVENÍ

### 7.1 Sloup 1

- Kloubové připojení sloupu pomocí ocelového čepu

#### 7.1.1 Návrh svorníků sloupu

- Návrh: svorníky 6 $\times$ 16mm
- Plech P10 S235
- Působící síly

$$\text{Sloup1:} \quad V_d = 0 \text{ kN} \quad N_d = 123,82 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 123,82 \text{ kN}$$

- charakteristická pevnost v otlacení dřevěného prvku  
 $k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 16 = 1,59$   
 $f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 380$   
 $= 26,174 \text{ MPa}$
- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti  
 $M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 16^{2,6} = 162,14 \cdot 10^3$
- zatřídění oceli:  
 $t = 10 \text{ mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 16 = 8 \text{ mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$   
 $t_2 = 100 \text{ mm}$   
 $f_{h,0,k} = 26,174 \text{ MPa}$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d}} \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{26,174 \cdot 100 \cdot 16 = 41,89 \cdot 10^3 \text{ N}}{2,3 \cdot \sqrt{162,14 \cdot 10^3 \cdot 26,174 \cdot 16} = 18,95 \cdot 10^3 \text{ N}} \\ 26,174 \cdot 100 \cdot 16 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 162,14 \cdot 10^3}{26,174 \cdot 100^2 \cdot 16}} - 1 \right] = 17,35 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 17,35 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{17,35}{1,3} = 12,01 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{V_{d,s}}{2 \cdot 6 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{123,82 \cdot 10^3}{144,12 \cdot 10^3} = 0,86$$

VYHOVUJE

#### 7.1.2 Návrh čepu

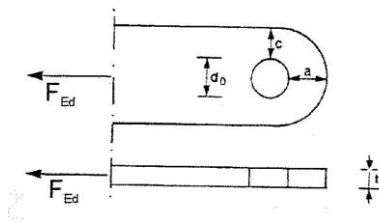
- Návrh čepu  $\varnothing 30 \text{ mm}$

$$F_{d,v} = 123,82 \text{ kN}$$

- Nutná tloušťka

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_d \cdot \gamma_M}{f_y}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{123,82 \cdot 10^3 \cdot 1}{235}} = 16,07 \text{ mm}$$

$$\rightarrow t = 20 \text{ mm}$$



$$a \geq \frac{F_d \cdot \gamma_M}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2d_0}{3} = \frac{123,820 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 20 \cdot 235} + \frac{2 \cdot 31}{3} = 33,8 \rightarrow a = 35 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_d \cdot \gamma_M}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{123,82 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 20 \cdot 235} + \frac{31}{3} = 23,5 \rightarrow a = 25 \text{ mm}$$

- Návrhová únosnost čepu ve smyku

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 30^2}{4} \cdot 400}{1,25} = 271,43 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$\frac{F_{d,v}}{F_{v,Rd}} = \frac{123,82}{271,43} = 0,46 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_{xy}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 235}{1,0} = 211,5 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$\frac{F_{d,v}}{F_{b,Rd}} = \frac{123,82}{211,5} = 0,59 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Působící ohybový moment

$$M_{ed} = \frac{F_{v,d}}{8} \cdot (t + 4t_0 + 2t_1) = \frac{123,82 \cdot 10^3}{8} \cdot (20 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 10) = 681010 \text{ Nmm} = 0,681 \text{ kNm}$$

- Návrhový moment

$$M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot \frac{f_{up}}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot \frac{\pi \cdot 30^3}{32} \cdot \frac{0,8 \cdot 400}{1,0} = 0,848 \text{ kNm}$$

- Kombinace ohybu a smyku

$$\left[ \frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,d}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$$

$$\left[ \frac{0,681}{0,848} \right]^2 + \left[ \frac{123,82}{271,43} \right]^2 = 0,85 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

### 7.1.3 Kotevní šroub

- Navržena kotva: 4ks HAS M12x110/88
- Podlité betonem: t = 50mm
- Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu (udává prodejce)  
 $V_{rec} = 2,2 \text{ kN}$
- Návrhová smyková síla  
 $V_{ed} = 0 \text{ kN}$
- Posouzení

$$\frac{V_{ed}}{2 \cdot V_{rec}} = \frac{0}{4 \cdot 2,2} = 0,0 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

## 7.2 Sloup 2

- Kloubové připojení sloupu pomocí ocelového čepu

### 7.2.1 Návrh svorníků sloupu

- Návrh: svorníky 6 $\times$ 12mm
- Plech P10 S235
- Působící síly

$$\text{Sloup1: } V_d = 4,49 \text{ kN} \quad N_d = 27,84 \text{ kN}$$

- Výsledná síla ve vazici

$$F_{d,s} = \sqrt{V_d^2 + N_d^2} = \sqrt{4,49^2 + 27,84^2} = 28,2 \text{ kN}$$

- Úhel mezi zatížením a vlákny

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{V_d}{N_d}\right) = \arctg\left(\frac{4,49}{27,84}\right) = 9,2^\circ$$

- charakteristická pevnost v otláčení dřevěného prvku

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 27,421 \text{ MPa}$$

$$f_{h,9,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{27,421}{1,53 \sin^2 9,2 + \cos^2 9,2} = 27,06 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 12^{2,6} = 76,745 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

- zatřídění oceli:

$$t = 10 \text{ mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 12 = 6 \text{ mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$$

- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_1 = 70 \text{ mm}$$

$$f_{h,9,k} = 27,06 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 27,06 \cdot 70 \cdot 12 = 22,73 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 27,06 \cdot 12} = 11,48 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right.$$

$$F_{v,Rk} = 9,42 \cdot 10^3 \text{ N}$$

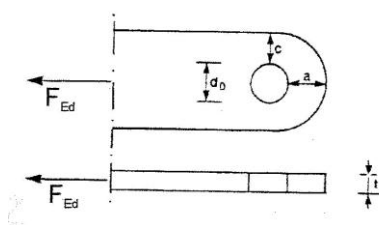
$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{9,42}{1,3} = 6,52 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{F_{d,s}}{2 \cdot 4 \cdot F_{v,Rd}} = \frac{28,2 \cdot 10^3}{52,16 \cdot 10^3} = 0,54$$

VYHOVUJE

### 7.2.2 Návrh čepu

- Návrh čepu  $\varnothing 15 \text{ mm}$



$$F_{d,v} = 28,2 \text{ kN}$$

- Nutná tloušťka

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_d \cdot \gamma_M}{f_y}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{28,2 \cdot 10^3 \cdot 1}{235}} = 7,7 \text{ mm}$$

$$\rightarrow t = 10 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_d \cdot \gamma_M}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2d_0}{3} = \frac{28,2 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10 \cdot 235} + \frac{2 \cdot 16}{3} = 16,7 \rightarrow a = 20 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_d \cdot \gamma_M}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{28,2 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10 \cdot 235} + \frac{16}{3} = 11,3 \rightarrow c = 15 \text{ mm}$$

- Návrhová únosnost čepu ve smyku

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 15^2}{4} \cdot 400}{1,25} = 67,86 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$\frac{F_{d,v}}{F_{v,Rd}} = \frac{28,2}{67,86} = 0,41 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 235}{1,0} = 52,88 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$\frac{F_{d,v}}{F_{b,Rd}} = \frac{28,2}{52,88} = 0,53 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Působící ohybový moment

$$M_{ed} = \frac{F_{v,d}}{8} \cdot (t + 4t_0 + 2t_1) = \frac{28,2 \cdot 10^3}{8} \cdot (10 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 8)$$

$$= 105750 \text{ Nmm} = 0,105 \text{ kNm}$$

- Návrhový moment

$$M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot \frac{f_{yp}}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot \frac{\pi \cdot 15^3}{32} \cdot \frac{0,8 \cdot 400}{1,0} = 0,159 \text{ kNm}$$

- Kombinace ohybu a smyku

$$\left[ \frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,d}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$$

$$\left[ \frac{0,105}{0,159} \right]^2 + \left[ \frac{28,2}{67,86} \right]^2 = 0,61 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

### 7.2.3 Kotevní šroub

- Navržena kotva: 4ks HAS M12x110/88
- Podlité betonem: t = 50mm
- Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu (udává prodejce)

$$V_{rec} = 2,2 \text{ kN}$$

- Návrhová smyková síla

$$V_{ed} = 4,49kN$$

- Posouzení

$$\frac{V_{ed}}{2 \cdot V_{rec}} = \frac{4,49}{4 \cdot 2,2} = ,51 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

### 7.3 Sloup 3

- Kloubové připojení sloupu pomocí ocelového čepu

#### 7.3.1 Návrh svorníků sloupu

- Návrh: svorníky 4x12mm

- Plech P12 S235

- Působící síly

$$\text{Sloup3: } V_d = 20,05kN$$

$$N_d = 61,70kN$$

- Výsledná síla:

$$F_{d,v} = \sqrt{V_d^2 + N_d^2} = \sqrt{20,05^2 + 61,70^2} = 64,88kN$$

- Síla působící v jednom dílčím prutu sloupu

$$V_{d,s} = \frac{F_{d,v}}{2} = \frac{64,88}{2} = 32,44kN$$

- Úhel mezi zatížením a vlákny

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{V_d}{N_d}\right) = \arctg\left(\frac{20,05}{61,07}\right) = 18,2^\circ$$

- charakteristická pevnost v otlačení dřevěného prvku

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 27,421 MPa$$

$$f_{h,18,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{27,421}{1,53 \sin^2 18,2 + \cos^2 18,2} = 26,07 MPa$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 12^{2,6} = 76,745 \cdot 10^3 Nmm$$

- zatřídění oceli:

$$t = 10mm > 0,5d = 0,5 \cdot 12 = 6mm \rightarrow \text{tlustá deska}$$

- charakteristická únosnost svorníku pro jeden stříh

$$t_2 = 70mm$$

$$f_{h,18,k} = 26,07 MPa$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d}} \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 26,07 \cdot 70 \cdot 12 = 21,9 \cdot 10^3 N \\ 26,07 \cdot 70 \cdot 12 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 76,745 \cdot 10^3}{26,07 \cdot 70^2 \cdot 12}} - 1 \right] = 9,07 \cdot 10^3 N \\ 2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 26,07 \cdot 12} = 11,27 \cdot 10^3 N \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 9,07 \cdot 10^3 N$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{9,07}{1,3} = 6,28 \cdot 10^3 N$$

$$\frac{V_{d,s}}{2 \cdot 4 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{32,44 \cdot 10^3}{50,24 \cdot 10^3} = 0,64$$

VYHOVUJE

### 7.3.2 Návrh čepu

- Návrh čepu  $\varnothing 30\text{mm}$

$$F_{d,v} = \sqrt{V_d^2 + N_d^2} = \sqrt{20,05^2 + 61,70^2} = 64,88 kN$$

- Nutná tloušťka

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_d \cdot \gamma_M}{f_y}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{64880 \cdot 1}{235}} = 11,63 \text{mm} \rightarrow t = 15 \text{mm}$$

$$a \geq \frac{F_d \cdot \gamma_M}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2d_0}{3} = \frac{64,88 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 15 \cdot 235} + \frac{2d_0}{3} = 19,8 \rightarrow a = 25 \text{mm}$$

$$c \geq \frac{F_d \cdot \gamma_M}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{64,88 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 15 \cdot 235} + \frac{d_0}{3} = 14,5 \rightarrow c = 20 \text{mm}$$

- Návrhová únosnost čepu ve smyku

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 30^2}{4} \cdot 400}{1,25} = 271,43 kN$$

- Posouzení

$$\frac{F_{d,v}}{F_{v,Rd}} = \frac{64,88}{271,43} = 0,24 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_{xy}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 15 \cdot 30 \cdot 235}{1,0} = 158,625 kN$$

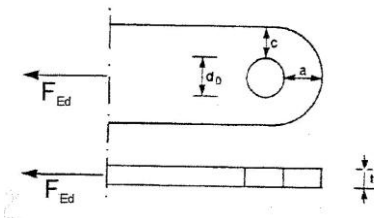
- Posouzení

$$\frac{F_{d,v}}{F_{b,Rd}} = \frac{64,88}{158,625} = 0,41 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Působící ohybový moment

$$M_{ed} = \frac{F_{v,d}}{8} \cdot (t + 4t_0 + 2t_1) = \frac{64,88 \cdot 10^3}{8} \cdot (15 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 10) = 316290 \text{ Nmm} = 0,316 \text{ kNm}$$



- Návrhový moment

$$M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot \frac{f_{up}}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot \frac{\pi \cdot 30^3}{32} \cdot \frac{0,8 \cdot 400}{1,0} = 0,848 \text{ kNm}$$

- Kombinace ohybu a smyku

$$\left[ \frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,d}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$$

$$\left[ \frac{0,316}{0,848} \right]^2 + \left[ \frac{64,88}{271,43} \right]^2 = 0,20 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

### 7.3.3 Kotevní šroub

- Navržena kotva: 4ks HAS M20x170/108
- Podlité betonem:  $t = 65\text{mm}$
- Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu (udává prodejce)  
 $V_{rec} = 5,9\text{kN}$
- Návrhová smyková síla  
 $V_{ed} = 20,05\text{kN}$
- Posouzení

$$\frac{V_{ed}}{2 \cdot V_{rec}} = \frac{20,05}{4 \cdot 5,9} = 0,85 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

## 7.4 Sloup 4

- Kloubové připojení sloupu pomocí ocelového čepu

### 7.4.1 Návrh svorníků sloupu

- Návrh: svorníky  $6\phi 12\text{mm}$
- Plech P10 S235
- Působící síly  
Sloup1:  $V_d = 1,25\text{kN}$   $N_d = 42,25\text{kN}$

- Výsledná síla ve vazici

$$F_{d,s} = \sqrt{V_d^2 + N_d^2} = \sqrt{1,25^2 + 42,25^2} = 42,27\text{kN}$$

- Úhel mezi zatížením a vlákny

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{V_d}{N_d}\right) = \arctg\left(\frac{1,25}{42,25}\right) = 1,7^\circ$$

- charakteristická pevnost v otlačení dřevěného prvku

$$k_{90} = 1,35 + 0,015d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$$

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k = 0,082(1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 27,421 \text{ MPa}$$

$$f_{h,1,7,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1} = \frac{27,421}{1,53 \sin^2 1,7^\circ + \cos^2 1,7^\circ} = 27,41 \text{ MPa}$$

- charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 12^{2,6} = 76,745 \cdot 10^3 \text{ Nmm}$$

- zatřídění oceli:

$$t = 10\text{mm} > 0,5d = 0,5 \cdot 12 = 6\text{mm} \rightarrow \text{tlustá deska}$$

- charakteristická únosnost svorníku pro jeden střih

$$t_1 = 80 \text{ mm}$$

$$f_{h,1,7,k} = 27,41 \text{ MPa}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,k} \cdot d \cdot t_1^2}} - 1 \right] \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 27,41 \cdot 80 \cdot 12 = 26,31 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 27,41 \cdot 80 \cdot 12 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 76,745 \cdot 10^3}{27,41 \cdot 80^2 \cdot 12}} - 1 \right] = 10,9 \cdot 10^3 \text{ N} \\ 2,3 \cdot \sqrt{76,745 \cdot 10^3 \cdot 27,41 \cdot 12} = 11,55 \cdot 10^3 \text{ N} \end{array} \right\}$$

$$F_{V,Rk} = 10,9 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$F_{V,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{V,Rk}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{10,9}{1,3} = 7,55 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$\frac{F_{d,s}}{2 \cdot 4 \cdot F_{V,Rd}} = \frac{42,27 \cdot 10^3}{60,40 \cdot 10^3} = 0,70$$

VYHOVUJE

#### 7.4.2 Návrh čepu

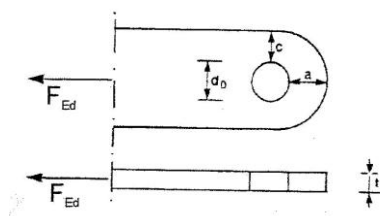
- Návrh čepu  $\varnothing 20 \text{ mm}$

$$F_{d,v} = 42,27 \text{ kN}$$

- Nutná tloušťka

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_d \cdot \gamma_M}{f_y}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{42,27 \cdot 10^3 \cdot 1}{235}} = 9,4 \text{ mm}$$

$$\rightarrow t = 10 \text{ mm}$$



$$a \geq \frac{F_d \cdot \gamma_M}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2d_0}{3} = \frac{42,27 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10 \cdot 235} + \frac{2 \cdot 21}{3} = 22,99 \rightarrow a = 25 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_d \cdot \gamma_M}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{42,27 \cdot 10^3 \cdot 1}{2 \cdot 10 \cdot 235} + \frac{21}{3} = 15,99 \rightarrow c = 20 \text{ mm}$$

- Návrhová únosnost čepu ve smyku

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 20^2}{4} \cdot 400}{1,25} = 120,64 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$\frac{F_{d,v}}{F_{v,Rd}} = \frac{42,27}{120,64} = 0,35 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

- Únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 235}{1,0} = 40,5 \text{ kN}$$

- Posouzení

$$\frac{F_{d,v}}{F_{b,Rd}} = \frac{42,27}{70,5} = 0,60 \leq 1,0$$



VYHOVUJE

- Působící ohybový moment

$$M_{ed} = \frac{F_{v,d}}{8} \cdot (t + 4t_0 + 2t_1) = \frac{42,27 \cdot 10^3}{8} \cdot (10 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 10) \\ = 179647 \text{ Nmm} = 0,180 \text{ kNm}$$

- Návrhový moment

$$M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot \frac{f_{yp}}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot \frac{\pi \cdot 20^3}{32} \cdot \frac{0,8 \cdot 400}{1,0} = 0,377 \text{ kNm}$$

- Kombinace ohybu a smyku

$$\left[ \frac{M_{ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{v,d}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,0 \\ \left[ \frac{0,180}{0,377} \right]^2 + \left[ \frac{42,27}{120,64} \right]^2 = 0,35 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 7.4.3 Kotevní šroub

- Navržena kotva: 4ks HAS M12x110/88
- Podlití betonem: t = 50mm
- Dovolené namáhání ve smyku pro jednu kotvu (udává prodejce)  
 $V_{rec} = 2,2 \text{ kN}$
- Návrhová smyková síla  
 $V_{ed} = 1,25 \text{ kN}$
- Posouzení

$$\frac{V_{ed}}{2 \cdot V_{rec}} = \frac{1,25}{4 \cdot 2,2} = 0,15 \leq 1,0$$

VYHOVUJE

#### 7.5 Návrh patní desky

- Patní deska pro všechny typy sloupů
- $N_{max} = 123,82 \text{ kN}$
- Beton C20/25
- Ocel S235
- Návrh patního plechu: a=200mm b=400mm
- Návrh betonové patky: A=300mm B=500mm
- Délka konzoly:  $L_k=93 \text{ mm}$
- Tloušťka patního plechu:

$$\sigma_b = \frac{N_{max}}{a \cdot b} = \frac{123,82 \cdot 10^3}{200 \cdot 400} = 1,55 \text{ MPa}$$

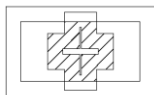
$$M = \sigma_b \cdot \frac{L_k^2}{2} = 1,55 \cdot \frac{93^2}{2} = 6693,24 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \leq \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \rightarrow W = \frac{M \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{6693,24 \cdot 1,0}{235} = 28,48 \text{ mm}^3$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{W \cdot 6} = \sqrt{28,48 \cdot 6} = 13 \text{ mm} \rightarrow \text{návrh: } t \\ = 20 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{300 \cdot 500}{200 \cdot 400}} = 1,37$$

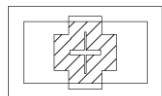
Aef1



$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 1,37 \cdot 20}{1,5} = 12,23 \text{ MPa}$$

$$c = t \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{M0}}} = \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 12,23 \cdot 1,0}} = 50,6 \text{ mm}$$

Aef2



- Efektivní plochy jednotlivých sloupů:

Sloup 1:  $A_{ef} = 35433 \text{ mm}^2$

Sloup 2:  $A_{ef} = 32515 \text{ mm}^2$

Sloup 3:  $A_{ef} = 48681 \text{ mm}^2$

Sloup 4:  $A_{ef} = 32040 \text{ mm}^2$

- Návrhová nosnost:

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j \geq N_{max}$$

$$N_{Rd1} = A_{ef1} \cdot f_j = 35433 \cdot 12,23 = 433,35 \text{ kN} \geq N_{max} = 123,82 \text{ kN}$$

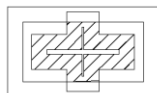
$$N_{Rd2} = A_{ef2} \cdot f_j = 32515 \cdot 12,23 = 379,66 \text{ kN} \geq N_{max} = 123,82 \text{ kN}$$

$$N_{Rd3} = A_{ef3} \cdot f_j = 48681 \cdot 12,23 = 595,37 \text{ kN} \geq N_{max} = 123,82 \text{ kN}$$

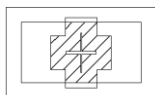
$$N_{Rd4} = A_{ef4} \cdot f_j = 32040 \cdot 12,23 = 391,85 \text{ kN} \geq N_{max} = 123,82 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Aef3



Aef4



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

# TECHNICKÁ ZPRÁVA

Pavla Richtrová  
25.5.2012

**OBSAH:**

1 ÚVOD

2 DISPOZICE KONSTRUKCE

3 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

4 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ

5 OBVODOVÝ PLÁŠŤ

6 ZATÍŽENÍ A VÝPOČET

7 MONTÁŽNÍ POSTUP

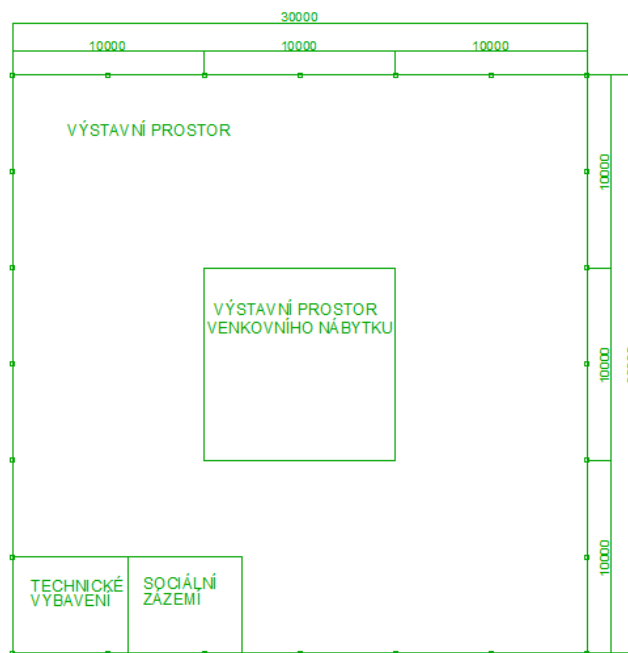
8 POVRCHOVÁ OCHRANA

## 1 ÚVOD

Pro podrobné zpracování byla vybrána varianta. Všechny dřevěné prvky jsou z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h. Všechny ocelové prvky jsou navrženy z konstrukční oceli S 235.

## 2 DISPOZICE KONSTRUKCE

Půdorysné rozměry prodejny jsou 30x30 m. Největší světlá výška je 9,02 m při vrcholu celé konstrukce, nejmenší je pak 5 m. Vnitřní prostor konstrukce je rozdělen stěnami na dvě části, z toho jedna je průchozí po celém obvodu, druhá část oddělená stěnami je uzavřená. Šířka průchozí obvodové části je 10 m,



to je dostatečný prostor pro vystavení nábytku a zároveň pro průchod návštěvníků. Vnitřní část je opět čtvercového půdorysu a slouží k výstavě zahradního nábytku. Nad touto částí je střešní plášť ze skleněných tabulí bezpečnostního skla.

Vnější stěny jsou tvořeny sloupy, ve vzájemné vzdálenosti 5 m, na nich jsou osazeny paždíky ve svislé vzdálenosti 1 m. Na paždíky je pak uložen obvodový plášť. Vnitřní stěny jsou také tvořeny sloupy vzdálenými 5 m, jen bez paždíků. Do prodejny vedou dva hlavní vchody pro návštěvníky a jeden personální. Celá prodejna slouží pouze jako výstavní, proto není potřeba žádných skladovacích prostorů. Oddělený prostor po obvodu o rozměrech 5x6 m je rozdělen na prostor pro technické vybavení a sociální zázemí pro pracovníky.

### 3 KONSTRUKČNÍ SYSTÉM

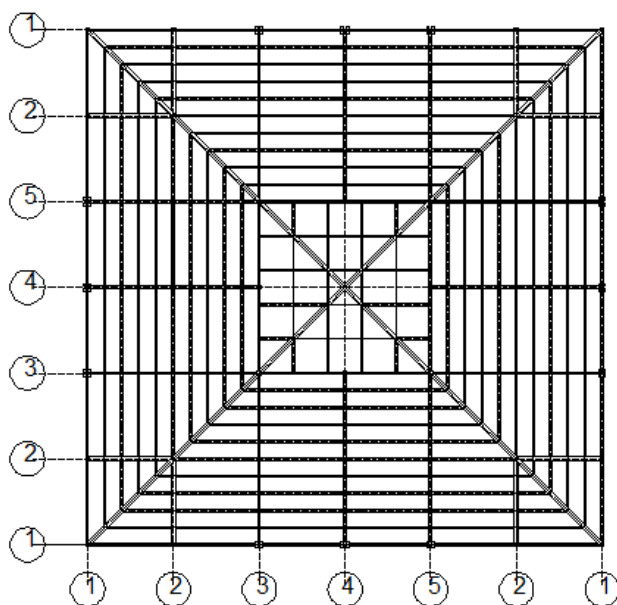
#### 3.1 ZÁKLADY

Po vnějším obvodu jsou sloupy založeny na základovém pásu o šířce 0,5 m. Vnitřní sloupy jsou uloženy na patkách o rozměrech 0,5x0,5 m. Pásky i patky jsou z betonu třídy C20/25. V rámci zpracování řešení nebyl požadován podrobný návrh základů.

#### 3.2 HLAVNÍ NOSNÁ KONSTRUKCE

##### 3.2.1 SLOUPY

V celé konstrukci jsou 4 typy sloupů (sloupy 1, sloupy 2, sloupy 3, sloupy 4). Všechny sloupy jsou navrženy jako kloubově uložené. Na základy jsou uloženy pomocí čepových spojů, přivařených k patní desce tloušťky 20 mm. Patní deska je kotvena k základovému pásu (základové patce) vždy čtyřmi



jsou součástí rámové konstrukce, jsou navrženy kotvy HILTI se šroubem HAS M20x170/108. Pro ostatní sloupy jsou navrženy kotvy se šroubem HAS M12x110/88.

Návrh, posouzení a přesné parametry čepů pro jednotlivé sloupy jsou podrobně zpracovány ve statickém výpočtu, stejně tak i návrh tloušťky patní desky.

Sloupy jsou připojeny na ocelovou vnitřní desku tloušťky 10 mm pomocí svorníků (sloup 1 – 6x svorník M16, čep Ø30 mm sloup 2 – 6x svorník M12, čep Ø15 mm, sloup 3 – 4x svorník M12, čep Ø30 mm, sloup 4 – 6x svorník M12, čep Ø20 mm). Vnitřní deska je přivařena koutovými svary k vodorovné desce v patě sloupu a na tu je ze spodní strany připevněn čepový spoj.

Vnější stěna je tvořena vždy řadou sedmi sloupů, vnitřní řadou tří sloupů.

**Sloupy 1** - vnitřní sloupy o průřezu 210x210 mm vynášejí systém krokví a vaznic, na které působí zatížení od skleněného střešního pláště.

Všechny vnější sloupy jsou v délce 5 m, vnitřní 7,68.

**Sloupy 2** - vedlejší sloupy, umístěné na pozici 2 dle schématu, mají průřez 150x200 mm. Na nich jsou uloženy krokve, zajišťující tuhost celkové konstrukce.

**Sloupy 3** - vnější sloupy na pozici 3,4,5 dle schématu, mají členěný průřez 2x150x400 mm a jsou s náběhem. Náběh probíhá po celé délce sloupu, od spodu k vrchní části, kde má sloup průřez 2x150x800 mm. Styčník sloupu s příčlím je proveden jako rámový roh a spolu s protilehlým vnitřním sloupem tvoří trojkloubovou rámovou konstrukci.

**Sloupy 4** - rohové vnější sloupy mají průřez 170x170 mm, na nich jsou uloženy nárožní krokve.

### 3.2.2 PAŽDÍKY

**Paždíky** jsou umístěné po celém obvodu mezi vnějšími sloupy, vyjma prostorů určených pro okna a vchody. Mají průřez 160x150 mm. Všechny jsou v délce 5 m, vzájemná svislá vzdálenost je 1m. Paždíky jsou nosnou konstrukcí pro obvodový plášť. Styčník – Detail F

### 3.2.3 KROKVE

V konstrukci jsou 3 typy krokví – krokve, krokve1, krokve 2.

**Krokve** - nesoucí skleněný pás jsou umístěny v horní polovině střešní konstrukce. Mají průřez 120x180 mm, jsou v délkách 4,14 m a 2,07 m, ve sklonu střešní konstrukce 15°. Ve spodní části jsou připevněny na vaznici, v horní části jsou připevněny na nárožní krokve.

**Krokve 1** - ztužující konstrukci (krokve1) o průřezu 240x500 mm jsou uloženy na sloupech 3 a připojené k nárožní krokvi. Délka krokví je 5,18 m. Připojení k nárožní krokvi - Detail B.

**Krokve 2** - nárožní mají průřez 240x500 mm. Jejich celková délka je 21,5 m. Montážním spojem jsou rozděleny na úseky o délce 14 a 7 m.

Nárožní krokve jsou připojeny na rohové sloupy, odkud jsou ve sklonu 15° vedeny do vrcholu konstrukce. Styčníky na krokvi – Detail A, B, C, D, E.

### 3.2.4 VAZNICE

V konstrukci jsou 3 typy vaznic - vaznice, vaznice 1, vaznice 2.

**Vaznice** – vaznice ve spodní polovině střešní konstrukce mají průřez 120x300 mm. Délka je od 5m do 6,14 m, kvůli napojení na nárožní krokve. Vaznice nesou střešní plášť s plechovými taškami. Jsou kloubově připojeny k příčlím a ke krokvím – Detail B,C,H.

**Vaznice 1** – vaznice spojující krokve. Má průřez 50x50 mm, délku 2 m.

**Vaznice 2** – vodorovná vaznice spojující vnitřní sloupy, má průřez 150x240 mm, celková délka je 10 m, rozdělena montážním spojem na 5 m. Styčníky vaznice – Detail D, G.

### 3.2.5 PŘÍČLE

**Příčle** tvoří spolu se sloupy 3 a sloupy 1 rámovou konstrukci. Průřez je 150x200 mm a délka 10,35 m. Se sloupem 3 působí jako rámový roh a tvoří tak hlavní ztužující konstrukci. Po stranách jsou na příčel napojeny vaznice. Styčníky – Detail D, G, I.

## 3.3 STYČNÍKY HLAVNÍCH NOSNÝCH PRVKŮ

### 3.3.1 DETAIL A

Připojení nárožní krokve (krokve 2) na rohový sloup (sloup 4). Spoje je proveden vnitřní ocelovou deskou, průběžnou v krokvi i ve sloupu a připojenou v části krokve 4x svorník M16/290, v části sloupu 4x svorník M16/210.



### **3.3.2 DETAIL B**

Připojení krokve 1 a vaznice na nárožní krokev (krokev 2). Na nárožní krokve jsou ze stran připevněny plechy tloušťky 10 mm pomocí 6x svorníky M16/290. Na jeden plech jsou pak navařeny vnitřní ocelové desky vaznic (4x svorník M16/180) a krokoví 1 (2x svorník M16/290) pomocí koutových svarů. Všechny plechy jsou tl. 10 mm, svary  $a=4$  mm.

### **3.3.3 DETAIL C**

Připojení vaznic na krokev 2. Vaznice jsou připojeny pomocí svařených ocelových plechů, které jsou k vaznici připojeny z jedné strany a ze spodu pomocí 3x svorník M12/170. Plechy na krokev jsou upevněny 3x svorník M12/290. Vaznice je k nárožní krokvi připojována pod úhlem  $45^\circ$ .

### **3.3.4 DETAIL D**

Montážní spoj krokve 2. Připojení vaznice 2, příčle, krokve 2 a sloupu 1. Na horní straně sloupu je ocelový plech ze spodu připojen svarem k vnitřní desce sloupu (2x svorník M10/260). Na něm je svary připojena ocelová tyč o průměru 60 mm. Na tyč jsou koutovými svary připojeny vnitřní desky vaznic (8x svorník M10/200), příčlí (2x svorník M10/200) a krokví (9x svorník M10/290). Všechny plechy jsou tl. 10 mm, svary  $a = 4$  mm.

### **3.3.5 DETAIL G**

Připojení vaznice na příčel a příčel na sloup 1. Vaznice přenáší ohybový moment, je na příčel připojena vnějšími ocelovými plechy a 4x svorník M12/200, připojení plechů k vaznici 4x svorník M12/200. Přípoj příčle na sloup 1 je proveden vnitřní ocelovou deskou, příčel je upevněna 4x svorník M12/200, sloup je připojen 4x svorník M12/260. Všechny plechy jsou tl. 10 mm, svary  $a=4$  mm

### **3.3.6 DETAIL H**

Připojení vaznice na příčel je provedeno vnějšími ocelovými plechy. Vaznice je připojena 4x svorník M12/17, připojení na příčel 4x svorník M12/200. Všechny plechy jsou tl. 10 mm, svary  $a=4$ mm

### **3.3.7 DETAIL I**

Připojení příčle a sloupu 3 tvořící rámový roh. Provedení rámového rohu je pomocí 15x kolík M24/500. Kolíky jsou uspořádány ve dvou kruzích. Vnější kruh o poloměru 120mm zahrnuje 10 kolíků. Vnitřní průměr je 120mm a zahrnuje 5 kolíků. Dle doporučení je jsou celkem 3 kolíky nahrazeny přesnými svorníky M24/500.

## **4 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ**

Pro výpočet zatížení konstrukce se uvažovalo v horní polovině střechy se zatížením od izolačního skla Float tl. 8 mm. Pro spodní polovinu střešní konstrukce se uvažovala skladba střešního pláště z plechových tašek, izolace, parozábrany, hydroizolace a dřevěného bednění. Konkrétní návrh skladby střešního pláště nebyl obsahem zadané práce.

## **5 OBVODOVÝ PLÁŠŤ**

Obvodový plášť byl uvažován pro výpočet jako konstrukce sendvičových stěn a pohledů ze sádkartonových desek. Konkrétní návrh skladby obvodového pláště nebyl obsahem zadané práce.

## **6 ZATÍŽENÍ A VÝPOČET**

Zatížení je stanoveno podle následujících platných norem:

- ČSN EN „Zásady navrhování konstrukcí“
- ČSN EN 1991-1-1 „Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení“
- ČSN EN 1991-1-3 „Zatížení konstrukcí – Zatížení sněhem“
- ČSN EN 1991-1-4 „Zatížení konstrukcí – Zatížení větrem“

Přesné stanovení zatížení a účinků zatížení na konstrukci je provedeno ve statickém výpočtu. Pro klimatická zatížení byla stanovena sněhová oblast I a větrová oblast IV.

Pro konstrukci prodejny bylo stanoveno 8 zatěžovacích stavů:

ZS1- vlastní tíha

ZS2- ostatní stálé zatížení (střešní a obvodový plášť)

ZS3- sníh 1 – sníh plný rovnoměrný

ZS4-sníh 2 – sníh nerovnoměrný

ZS5-sníh 3 - sníh nerovnoměrný

ZS6-sníh 4 - sníh nerovnoměrný

ZS7-vítr 1 - tlak

ZS8-vítr 2 - sání

Pro analýzu konstrukce byl použit program Scia Engineer 2009 – studentská verze. Byl proveden lineární výpočet.

Výsledné účinky na konstrukci jsou zpracovány ve statickém výpočtu pro posouzení jednotlivých průřezů a spojů.

Řešené statického výpočtu je dle platných norem:

- ČSN EN 1995-1-1 „Navrhování dřevěných konstrukcí –Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby“
- ČSN EN 1993-1-1 „Navrhování ocelových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby“
- ČSN EN 1993-1-8 „Navrhování ocelových konstrukcí – Navrhování styčníků“

## **7 MONTÁŽNÍ POSTUP**

Po vybetonování základů se místa určená pro sloupy osadí ocelovou patní deskou. Na patní desky se osadí sloupy 1,2, a 4 s čepovým spojem. Poté se Sloupy 3, které jsou součástí rámové konstrukce, předem spojí s příčlemi v úrovni terénu a následně připevní na vnitřní sloupy již s vytvořeným rámovým rohem . Všechny sloupy musí být zajištěny provizorní konstrukcí vzpěrami. Dále se ke sloupům přišroubují paždíky, postupuje se průběžně po celé konstrukci, vždy mezi dvěma hotovými rámovými sloupy. Dalším krokem je upevnění nárožních krokví, nejprve v části spodní poloviny konstrukce, pak se připojí montážním spojem i zbylá část. Následuje

přípevnění systému krokví a vaznic. Po upevnění vaznic se oddělají provizorní konstrukce. Dále se může už přistoupit k přípevnění obvodových a střešních plášťů.

## **8 POVRCHOVÁ ÚPRAVA**

Dřevěné prvky budou ošetřeny přípravkem SOUDAL Biosan, který je určen do vnitřních prostor, bez nutnosti dalších povrchových úprav. Účinně působí proti vzniku plísní, dřevokazným houbám, modrání dřeva a proti hmyzu narušujícím dřevo. Pro zvýraznění lamel v prvcích se může použít lazurovací lak na dřevo SOUDAL Klasik.

Ocelové prvky v konstrukci budou ošetřeny žárovým zinkováním.

V Brně dne 20. 5. 2012

Pavla Richtrová